

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní- Institut dopravy

Ústav letecké dopravy

Výukový program v rámci systému údržby letadel -
modul EWIS

Educational Program with in the Aircraft Maintenance
System - EWIS Module

Student:

Bc. Ondřej Švácha

Vedoucí diplomové práce:

Ing. František Martinec, CSc.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Švácha**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 40 Letecká doprava
Téma: **Výukový program v rámci systému údržby letadel - modul EWIS**
Educational Program within the Aircraft Maintenance System - EWIS
Module

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu řešení problému
2. Výběr problémů pro tvorbu výukového programu
3. Výběr prostředků pro tvorbu výukového programu
4. Návrh výukového programu pro skupinu 1a 2 - technik kategorie B2.
5. Realizace výukového programu pro skupinu 1 a 2 - technik kategorie B2.

Seznam doporučené odborné literatury:

Volner, R.: Digitální technologie – Elektronické přístrojové systémy, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007.
Graf. Vojtěch : Výukový program „Electrical Wiring Interconnection System“, Bakalářská práce, Ostrava: VŠB - TU Ostrava , 2012.
Nařízení EASA – AMC 20/22, Technická dokumentace k letadlu B 737.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. František Martinec, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 12.5.2014

Andrej Kucha
podpis

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 12. 5. 2014.....


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bc. Ondřej Švácha

Býšť 135

533 22 Býšť

Anotace

ŠVÁCHA, O. *Výukový program v rámci systému údržby letadel - modul EWIS: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2014, 71 s Vedoucí práce: Martinec, F.

Diplomová práce se zabývá problematikou modulu EWIS. Skládá se ze dvou hlavních částí- textové části a výukového programu. Textová část je dále rozdělena na čtyři kapitoly v první kapitole je popsán úvod do systému EWIS, druhá kapitola popisuje modul B- dokumentace, třetí kapitola popisuje modul E- vodiče a čtvrtá kapitola popisuje modul F- elektrické spojovací zařízení. Výukový program je obsahově stejný jako textová část, ale je rozšířen o multimediální a interaktivní obsah.

Klíčová slova: EWIS, vodič, svazek vodičů, konektor, kontakt.

ŠVÁCHA, O. *Educational Program with in the Aircraft Maintenance System - EWIS Module: Master Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2014, 71 p Thesis head: Ing. František Martinec, Csc.

Master thesis deals with the EWIS module. It consists of two main parts-text of a tutorial. The text part is further divided into four chapters in the first section describes the introduction to EWIS, the second chapter describes module B-documentation, the third chapter describes the module E-conductor and the fourth chapter describes the module F-connective devices . The tutorial is substantively the same as the text part, but is extended to multimedia and interactive content.

Keywords: EWIS, Wire, Wire bundle, connector, contact.

Obsah

1	Úvod	8
1.1	Cíl práce.....	9
2	Úvod k systému EWIS	10
2.1	Vývoj EWIS.....	10
2.2	Školení systému EWIS	11
2.3	Základní požadavky vzdělávacího programu	13
2.4	Definice	13
2.5	Obsah Systému EWIS	15
3	Modul B Dokumentace.....	16
3.1	Chapter 20 Standard Wiring Practices Manual.....	16
3.1.1	Cross Reference Index	16
3.2	Maintenance manual	16
3.3	Wiring manual	16
3.3.1	Orientace ve schématech	17
4	Modul E Vodiče	21
4.1	Identifikace, typy a konstrukce vodičů	21
4.1.1	Identifikace vodičů.....	21
4.1.2	Typy a konstrukce vodičů	26
4.2	Izolační vlastnosti	30
4.2.1	Typy izolace	30
4.2.2	Poškození izolace.....	32
4.2.3	Výboj.....	32
4.3	Kontrola vodičů a svazků vodičů.....	33
4.3.1	Kontrola jednotlivých vodičů	33
4.3.2	Kontrola svazků vodičů.....	34
4.4	Svazky vodičů.....	34

4.4.1	Vedení svazů vodičů	34
4.4.2	Oddělování svazků vodičů	36
4.4.3	Mezery kabelových svazků	37
4.4.4	Objímky	38
4.4.5	Čištění svazků vodičů	40
4.5	Typická poškození a oblasti	40
4.5.1	Oblasti vibrací	40
4.5.2	Oblasti poškození teplem	41
4.5.3	Oblasti poškození plamenem	41
4.5.4	Oblasti poškození korozí	42
4.5.5	Oblasti poškození kontaminací	42
4.5.6	Poškození personálem a cestujícími	42
4.6	Postupy oprav vodičů	42
4.6.1	Oprava primární izolace vodiče	43
4.6.2	Oprava nestíněného vodiče	44
4.7	Bužírky	44
4.8	Nepoužité vodiče	45
4.8.1	Izolace vodiče pomocí flexibilní bužírky	45
4.8.2	Izolace vodiče pomocí teplem smrštitelné bužírky	46
4.8.3	Uložení nepoužitého vodiče paralelně se svazkem vodičů	48
4.8.4	Uložení nepoužitých vodičů do cívky	49
4.9	Propojování vodivých součástí	49
5	Modul F- Elektrické spoje	50
5.1	Použití konektorů	50
5.2	Typy elektrických spojovacích zařízení	51
5.2.1	Krimpovací kontakty	51
5.2.2	Letovací kontakty	54

5.2.3	Kruhové konektory	54
5.2.4	Obdélníkové konektory	62
5.2.5	Modulové bloky	63
5.3	Vizuální kontroly a čištění konektorů	64
5.3.1	Vizuální kontrola konektorů	64
5.3.2	Čištění konektoru	65
5.4	Typické poškození konektorů	65
5.4.1	Typická poškození při montáži krimpovacích kontaktů	66
-	poškozený vodič	66
5.4.2	Postupy oprav	66
5.4.3	Postup výměny kontaktu	66
6	Výukový program	68
6.1	Textová část	68
6.2	Multimediální výukový program	68
6.2.1	Výběr prostředků pro tvorbu multimediálního výukového programu ...	68
7	Závěr	70
8	Seznam použité literatury	71
9	Seznam příloh	72

1 Úvod

Létání bylo pro člověka starověku něčím, co nemohl uskutečnit. Považoval létání za výsadu bohů, kteří jako jediní mohli dokázat nemožné. Proto se touha brázdit nebe stala něčím tak vzrušujícím a žádoucím. Je určitě možné, že nejdén člověk přišel i život, nebo se nepříjemně zranil při pokusu létat. O těchto pokusech se vyprávějí legendy a báje. Nejznámější je příběh Ikara a syna Daidalova, jehož touha letět výš ho nakonec stála život.

První písemné zmínky o létajícím člověku jsou z Číny, kde jsou zaznamenány první pokusy létat na šarkanech z 6. století. První lety na kluzáku jsou známy z 9. - 11. století v Evropě. Vynálezce a konstruktér Leonardo da Vinci se myšlenkou létat zabýval. Návrhy je možné nalézt v jeho dílech, ale žádný z těchto návrhů nelétal. První vážné pokusy létat jsou z roku 1783, kdy bratři Joseph Michel a Jacques Étienne Montgolfierové zjistili, že teplý vzduch má menší hustotu než vzduch studený a teplý vzduch stoupá vzhůru. Naplnili papírový balón horkým vzduchem, který se vznesl s dobrodruhy Jean-François Pilâtre de Rozier a François Laurent d'Arlandes a odstartovali tak éru vzduchoplavby. Tedy letadly lehčími než vzduch jako jsou horkovzdušné balóny a vzducholodě. První letadlo těžší než vzduch postavili bratři Wilbur a Orvil Wrightové. První start toho to letadla Flyer I se uskutečnil 17. prosince 1913 z místa Kitty Hawk v Severní Karolíně. Doposud to byl největší úspěch v dějinách letectví. Protože bratři šli svoji cestou a testovali v aerodynamickém tunelu různé tvary křídel, vymysleli nový způsob řízení kolem tří os a sami si vyrobili motor a vrtuli.

Letadla těžší než vzduch s vlastním pohonem už létají a nyní je na řadě jejich modernizování, aby letadla mohla létat ve větších výškách a na delší vzdálenosti. Bylo zapotřebí do letadel nainstalovat elektřinu, která napájí zapalování motorů, napájení a osvětlení přístrojů. Z hlediska vývoje můžeme rozdělit vývoj přístrojů do čtyř generací:

Přístroje nulté generace pochází z doby do roku 1940 a jedná se o malý počet samostatných přístrojů převážně mechanického charakteru.

U přístrojů první generace z let 1940- 1960 se objevují první přístrojové systémy a soubory vzájemně propojených prvků pracující na analogovém principu. Vyrůstá počet měřených a zobrazovaných veličin i počet prostředků radiotechnického zabezpečení. Následkem zvyšování měřených a zobrazovaných parametrů se snižuje přehlednost palubní desky.

U přístrojů druhé generace z období let 1960- 1975 dochází k dalšímu zvětšení počtu měřených veličin a parametrů, především na motoru a draku letadla. Vyrůstají nároky na přesnost měření a spolehlivost přístrojů a jejich odolnost proti vnějším vlivům. Začíná se využívat elektronika a polovodiče v analogových obvodech palubních přístrojů, v oblasti letových a pilotážně navigačních přístrojů se vyvíjí složité gyroskopické systémy, které umožňují létání za snížené viditelnosti. Funkce přístrojů je pravidelně kontrolována a po určitém počtu nalétaných hodin jsou přístroje měněny bez ohledu na správnou funkci.

Přístroje třetí generace vyrobené po roce 1975 charakterizuje přechod na číslicovou techniku s využitím mikroprocesorů a počítačů. Analogové elektromechanické přístroje jsou nahrazeny obrazovkovými systémy, jež umožňují volbu zobrazení výstupu několika systémů. Umožňují i číslicové zobrazení údajů, což se využívá zejména při zobrazení motorových veličin, kde bývá analogový údaj doplněn údajem číslicovým. Diagnostické systémy průběžně kontrolují správnou funkci přístrojů, a to umožňuje neomezenou dobu jejich provozu až do vzniku jejich závady. Celkový trend směřuje k podstatnému snížení parametrů trvale zobrazovaných na palubní desce. Měřicí systémy varují pilota při překročení povolených hranic.

Ve vývoji jednotlivých generací dochází k modernizaci letadel, zvyšuje se bezpečnost a kvalita leteckých systémů. Důsledkem těchto modernizací je nárůst elektrických prvků a použitých kabelů v letadle. Ale i modernizace s sebou přináší problémy. Občas byl z klimatizace cítit zápach spálené izolace vodičů, ale jelikož se jednalo pouze o propojovací prvky, nikdo tomu nevěnoval velkou pozornost. Zlomový bod nastal v letech 1996 až 1998, kdy při vyšetřování dvou leteckých katastrof, kde zahynulo 459 lidí, bylo zjištěno, že nehody způsobila vadná elektroinstalace. Aby se předešlo dalším katastrofám, začal se vytvářet EWIS, výukový program zabývající se elektroinstalací v letadle.

1.1 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je vytvořit výukový program v rámci systému údržby letadel modul EWIS pro cílovou skupinu 1 a 2, technika údržby kategorie B2. Jelikož zpracování systému EWIS pro cílovou skupinu 1 a 2, technika údržby kategorie B2 obsahuje sedm modulů a jejich kompletní zpracování by mělo příliš velký rozsah, zvolil jsem ke zpracování v diplomové práci moduly tři, modul B dokumentace, modul E vodiče a modul F spojovací zařízení.

2 Úvod k systému EWIS

Electrical Wiring Interconnect Systém, je definován jako elektrické spojení mezi dvěma nebo více body včetně souvisejících ukončení a nezbytných prostředků pro jejich instalaci a identifikaci.

EWIS je školení v oblasti elektroinstalace na letecké technice. Důvodem, pro zavedení tohoto školení byla tragédie dvou letadel, která se zřítily v roce 1996 a 1998. Už před tragédiemi se objevilo mnoho případů, kdy se v kabině vyskytl zápach kouře. Často zápach vycházel z klimatizace a nikdo tomu nevěnoval pozornost. Občas se stalo, že kouř předcházel požáru a piloti byli přinuceni vyhlásit stav tísně a přistát na nejbližším letišti. Vyšetřováním bylo zjištěno, že na vině byl špatný stav elektroinstalace v letadle, která byla často poničena chybnou instalací, popraskanou izolací, nebo byla poničena kontaminačními zdroji.

2.1 Vývoj EWIS

FAA ve spolupráci s leteckými úřady po celém světě vyvinul cílovou skupinu s úkolem studovat potencionální problém v podobě elektroinstalace na letadlech. Byla založena organizace ATSRAC- Aging Transport Systems Rulemaking Advisory Committee. Tato organizace byla založena z nařízení FAA 1110.127 19. ledna 1999 ve Spojených státech amerických. ATSRAC je federální poradní výbor a má za úkol poskytovat veřejné doporučení pro FAA. Hlavním úkolem organizace je navrhopvat revize federálních leteckých předpisů a souvisejícího materiálu tak, že nekonstrukční systémy v dopravních letadlech jsou navrhopveny a kontrolovány, aby byla zajištěna jejich provozní bezpečnost po celou dobu životnosti letadla.

ATSRAC je rozdělen na tři fáze podle vývoje.

Fáze 1: v této fázi měla agentura ATSRAC za úkol pro FAA vyvinout a navrhopnout doporučení vylepšení letové způsobilosti. Agentura ATSRAC tento úkol prováděla tak, že vybrala některá letadla, zkoumala údržbu kabelových systémů a porovnávala je se servisní dokumentací. Na základě nálezů, které nevyhovovaly, zlepšili kritéria údržby tím, že zanalyzovali a aktualizovali standardní postupy údržby pro elektroinstalaci v letadle. Agentura po tomto zjištění informovala letecké dopravce a údržbové organizace a zavedla vzdělávací programy. Tyto úkoly a zprávy schválila agentura ATSRAC v lednu 2001.

Fáze 2: v této fázi měla agentura ATSRAC za úkol vyvinout a navrhnout doporučení vylepšení letové způsobilosti na základě doporučení vypracovaných ve fázi 1. Agentura ATSRAC tento úkol prováděla tím, že vylepšila požadavky na certifikaci elektroinstalace, vylepšila postupy a pokyny údržby elektroinstalace. Posílila a rozšířila stávající vzdělávací programy v oblasti elektroinstalace. Standardizovala formát příručky Standard Wiring Practices Manual a provedla studium problematiky stárnutí elektroinstalace u malých dopravních letadel. Tyto úkoly a zprávy schválila agentura ATSRAC v lednu 2003.

Fáze 3: v této fázi má agentura ATSRAC za úkol pomáhat FAA s prováděním vylepšení na základě doporučení vypracovaných ve fázi 2. Agentura ATSRAC poskytuje pomoc FAA při provádění vylepšení letové způsobilosti, rozvíjí tvorbu pravidel pro školení a údržbu elektroinstalace. Vypomáhá při revizi a zavádění nových technologií vyvinutých pro zmírnění stárnutí elektroinstalace. Agentura ATSRAC nyní studuje a rozvíjí vylepšení pro řízení údržby v oblasti elektroinstalace pro malá dopravní letadla s kapacitou pro přepravu cestujících 6 až 30 a méně než 5700 kg.

2.2 Školení systému EWIS

Osnova ke školení systému EWIS je rozdělena do sedmi modulů A až G. Každý modul se zabývá jinou problematikou elektroinstalace v letadle.

- Modul A – Obecné postupy systému EWIS
- Modul B – Dokumentace
- Modul C – Kontroly
- Modul D – Ochrana a čistota
- Modul E – Vodiče
- Modul F – Spojovací zařízení
- Modul G – Opravy spojovacích zařízení

Dále se rozsah výuky rozděluje podle toho, komu je prezentována. Školení systému EWIS je rozděleno do 8 skupin zaměstnanců a každá skupina má v osnovách různý počet modulů v různém rozsahu.

- 1) Kvalifikovaný personál provádějící údržbu EWIS0 tyto zaměstnanci vykonávají údržbu a opravy na elektroinstalaci (technici kategorie B2).
- 2) Kvalifikovaný personál provádějící inspekci, ale ne údržbu na elektroinstalaci. (technici kategorie B2, inspektoři).

- 3) Kvalifikovaný personál provádějící návrh elektroinstalace, úpravy a opravy (elektrikář, avionik- inženýr).
- 4) Kvalifikovaný personál provádějící všeobecné úkony údržby na letadle, která vyžaduje rozpojení spojovacích zařízení na letadle, ale nezahrnuje opravy kabelových systémů (inspektoři, technici kategorie A, B1).
- 5) Kvalifikovaný personál provádějící inženýrské a projekční práce na letounu, jsou oprávněni k plánování úkonů údržby.
- 6) Ostatní servisní personál, který může přijít do styku s některými prvky EWIS. Mezi tento personál se řadí zaměstnanci doplňující palivo, nakladači zavazadel, obsluha tažných a tlačných vozíků, obsluha odmrazovací soupravy, obsluha toalet a čističů.
- 7) Posádka letadla (piloti, palubní inženýr).
- 8) Palubní průvodčí.

Cílová skupina	Rozsah výuky (moduly)
1	Plný rozsah modulu: A, B, D, F, G Část modulu: C, E
2	Plný rozsah modulu: B, C, E, F Část modulu: A, D
3	Plný rozsah modulu: B, E, F Část modulu: D
4	Plný rozsah modulu: A, D Část modulu: C, E
5	Plný rozsah modulu: C Část modulu: D, E
6	Část modulu: A, C, D, E
7	Část modulu: A, C, D, E
8	Část modulu: A, C, D, E

Tabulka 1 Rozsah výuky jednotlivých cílových skupin

2.3 Základní požadavky vzdělávacího programu

a) Počáteční školení (Initial Training)

Počáteční školení by mělo být provedeno pro každou cílovou skupinu v rozsahu uvedeném v tabulce 1.

b) Obnovovací výcvik (Refresher Training)

Udržovací výcvik musí být prováděn v období, které není delší než 2 roky. Při tomto školení je možné použít původní výukovou prezentaci doplněnou o aktuality a novinky v dané problematice.

Hodnocení jak počátečního, tak obnovovacího výcviku by mělo být zakončeno jednou z uvedených zkoušek (písemný test, ústní zkouška, nebo předvedení dovedností).

2.4 Definice

Arc Tracking (stopa elektrického oblouku)- jev, při kterém se vytváří uhlíková vodivá stopa přes povrch izolace. Tato uhlíková stopa umožňuje protékání proudu a může způsobit zkrat. Normálně vzniká při elektrickém oblouku.

Combustible (Hořlavý)- termín hořlavý odkazuje na schopnost jakéhokoli pevného, kapalného nebo plynného materiálu samostatně hořet i po odstranění zdroje požáru. Tento termín se používá v místech označených jako inflammable/ flammable (hořlavý). Nemělo by to být vykládáno jako materiál, který začne hořet, když bude vystaven vysoké teplotě jako je tomu při požáru.

Contamination (kontaminace)

- přítomnost cizího materiálu, který by mohl způsobit degradaci vedení
- přítomnost cizího materiálu, který je schopen udržet hoření po odstranění zápalného zdroje

Detailed Inspection (DET) (detailní prohlídka)- intenzivní prohlídka konkrétní položky. Můžeme k tomu použít vhodné kontrolní pomůcky jako je lampa, zrcadla, lupy, nebo jiné nezbytné prostředky. V některých případech je nutné očistit povrch a další komplikací je špatný přístup.

General Visual Inspection (GVI) (vizuální prohlídka)- odhaluje zjevné poškození, selhání nebo nesrovnalosti. Tato prohlídka je uvažována na dosah ruky. Při použití zrcadla se zvýší vizuální přístup k exponovaným povrchům v kontrolované oblasti. Tato prohlídka se provádí v běžných světelných podmínkách jako je denní světlo, osvětlení hangáru, nebo použití baterky. Tato prohlídka může vyžadovat otevření přístupových panelů a dveří. Jestliže je nutné přiblížit se ke kontrolované oblasti, mohou se použít žebříky a plošiny.

Lightning/High Intensity Radiated Field (L/HIRF) protection (ochrana před vysokou intenzitou ozařování)- ochrana elektrického systému letadla před indukovaným napětím nebo proudem formou stíněných vodičů, kostřících spojek, konektorů, kompozitního pláště s vodící sítí nebo statického výboje a vodivosti vlastní konstrukce.

Maintenance (údržba)- tento pojem do sebe zahrnuje inspekce (kontroly), generální opravy, opravy, ochranu a výměnu částí. Nepatří sem preventivní údržba (předletová kontrola).

Maintenance Significant Item (MSI)- položky označené výrobcem za poruchové, jejichž selhání:

- by mohli ovlivnit bezpečnost (na zemi nebo za letu)
- by mohli mít významný dopad na provoz
- by mohli mít významný vliv na ekonomiku provozu

Needling- propíchnutí izolace až k vodiči za účelem otestování kontinuity a přítomnosti napětí ve vodiči.

Swarf (třísky, piliny)- je termín označující částice kovu vzniklé při vrtání, broušení a jiných soustružnických procesech, jejich nahromadění mezi kabely může způsobit prodření izolace a následnou poruchu.

Line Replaceable Unit (LRU)- jedná se o vyměnitelné bloky, které často obsahují celé systémy, např. TCAS, jsou velmi náchylné na výboj statické elektřiny, proto se s nimi musí manipulovat velmi opatrně a podle předepsaných postupů.

2.5 Obsah Systému EWIS

Systém EWIS zahrnuje tyto součásti používané na letecké technice:

- vodiče a kabely
- sběrnice
- připojení k elektrickým přístrojům
- jističe nebo jiné zařízení ochrany obvodů
- konektory a příslušenství
- elektrické uzemnění a přemostění
- materiály použité na dodatečnou ochranu vodičů (před teplem, vlhkostí)
- stínění
- potrubí, u kterého je požadováno elektrické vodivé propojení
- objímky a jiné zařízení používané k upevnění a vedení svazků vodičů
- vázací prostředky (šňůrky, pásky) svazku kabelů
- štítky nebo jiné identifikační prostředky
- tlakové těsnění spojené s EWIS

Systém EWIS nezahrnuje tyto součásti používané na letecké technice:

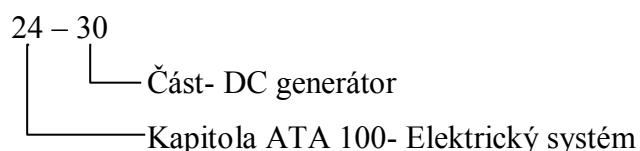
- elektrické obvody uvnitř přístrojů a avionického vybavení
- přenosné, doplňující vybavení, které není permanentně součástí elektrovybavení
- optická vlákna

3 Modul B Dokumentace

Výuka modulu B je zaměřena na dokumentaci, která se týká systému EWIS. Cílem tohoto modulu je naučit technika, jak vyhledávat požadované informace v kapitole 20 standardní postupy (Chapter 20 Standard Wiring Practices Manual), údržbovém manuálu (maintenance manual), schéma zapojení (wiring manual) a další příslušné dokumentace týkající se systému EWIS.

ATA 100 je norma společná pro všechny dokumentace civilních letadel. ATA 100 přiřazuje všem letadlovým celkům číslo kapitoly, které se dále dělí na části a předměty. Tím umožňuje snadnější orientaci v dokumentaci letadla veškerému personálu.

Příklad členění systému podle ATA 100



3.1 Chapter 20 Standard Wiring Practices Manual

Tato příručka obsahuje postupy a údaje, které jsou nezbytné pro údržbu elektrických vodičů a ukončení pro příslušného výrobce a typ letadla.

3.1.1 Cross Reference Index

Cross Reference Index neboli křížový odkaz je alfanumerický seznam jmen, čísla dílů a dodavatelů zařízení v příslušné příručce. Každá položka v Cross Reference Index udává kapitolu/ sekci/, předmět, kde lze nalézt postup montáže nebo údaje o údržbě zařízení.

3.2 Maintenance manual

Maintenance manual neboli příručka pro údržbu je zhotovena podle specifikace ATA 100. Maintenance manual se vztahuje na technický popis a návod k obsluze a údržbě všech částí letounu.

3.3 Wiring manual

Wiring manual neboli manuál elektro schémat zapojení je zhotoven podle specifikace ATA 100. Wiring manual se vztahuje na elektrotechnický popis všech systémů na letounu včetně schémat zapojení. K tomu, aby se technik orientoval ve wiring manuálu, je třeba, aby znal symboly a popisy, které se vyskytují ve schématech.

3.3.1 Orientace ve schématech

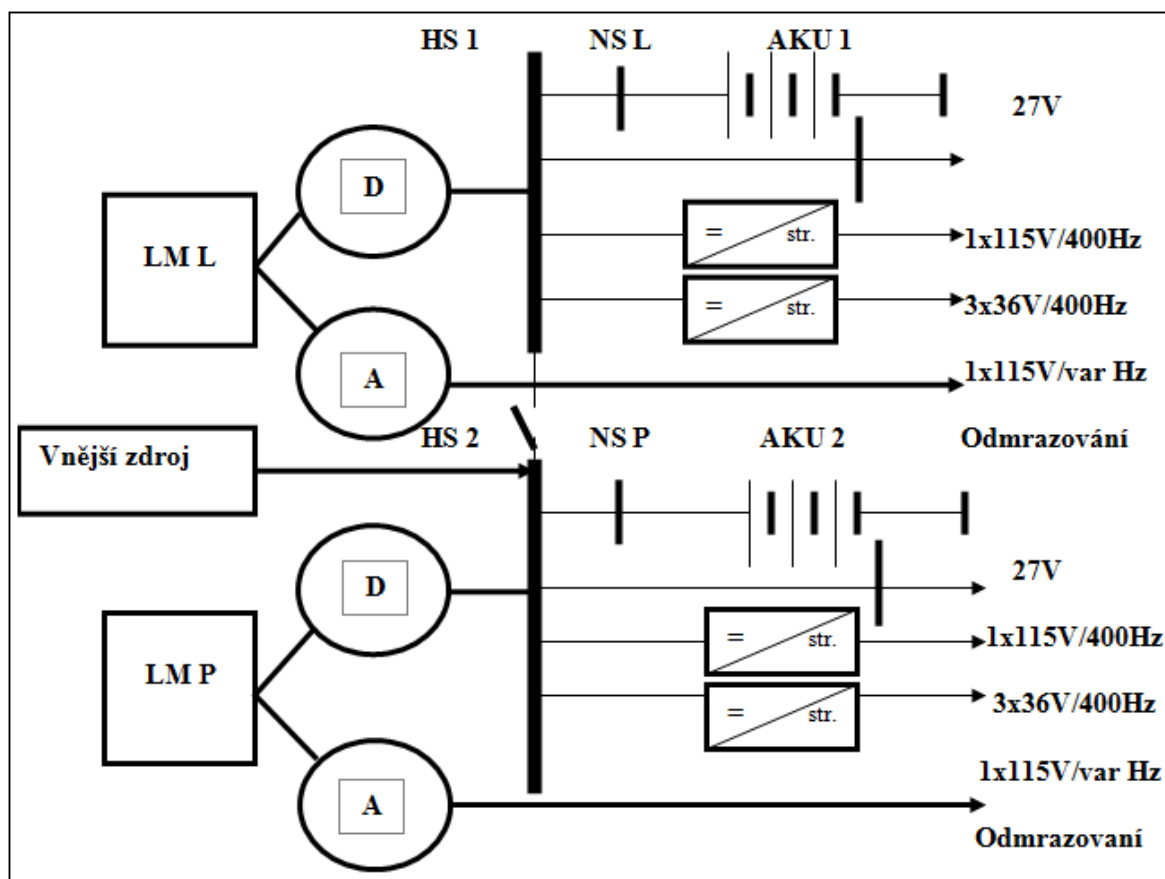
Na začátku se musíte seznámit s principem systému. Seznámení s principem daného systému se technik setká na výuce typového výcviku na letadlo. Základem před čtením z kteréhokoli schématu je znalost jeho značení a schématických značek. Každý výrobce letadel má svůj styl vytváření schémat, ale v podstatě mají stejnou metodiku čtení.

Seznámení se základními částmi systému. Zde je zapotřebí, aby technik věděl, z jakých částí se daný systém skládá.

Seznámení s jednotlivými funkčními částmi systému. Zde je zapotřebí, aby technik znal, co daná část vykonává za funkci.

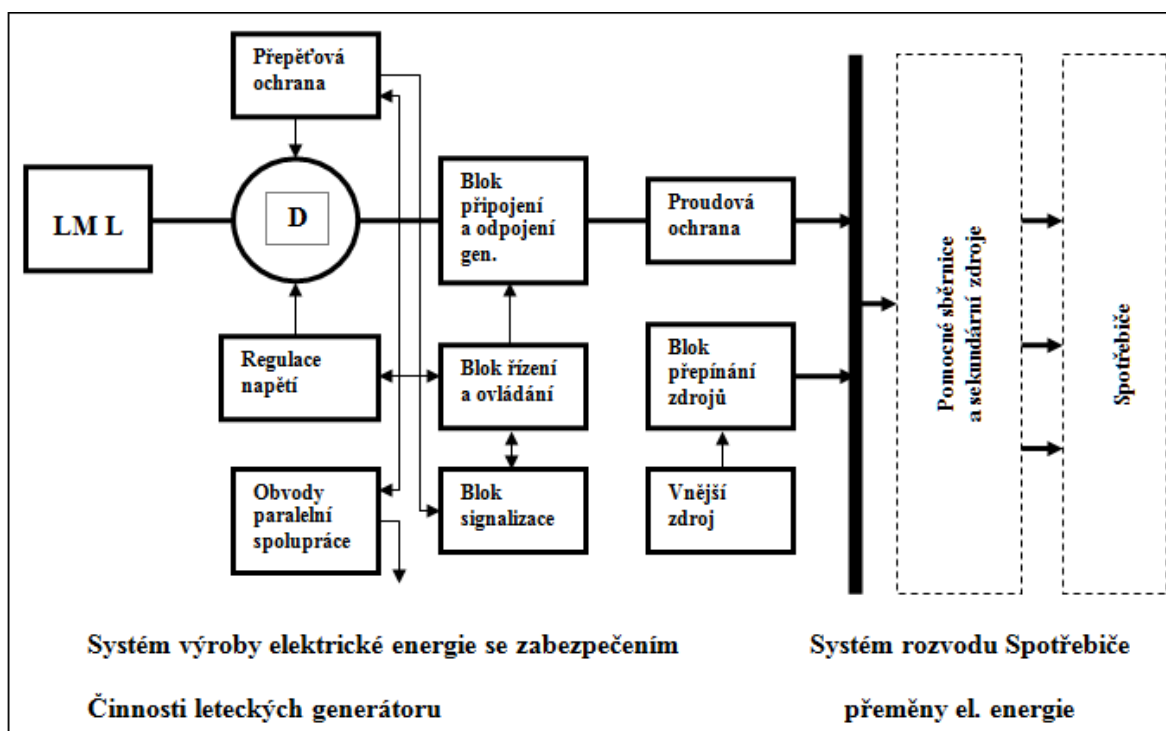
Je několik druhů schémat a každé schéma je něčím specifické.

- 1) Principiální schéma vysvětluje princip daného systému a je to první schéma, se kterým se obsluha setká při seznamování se systémem.



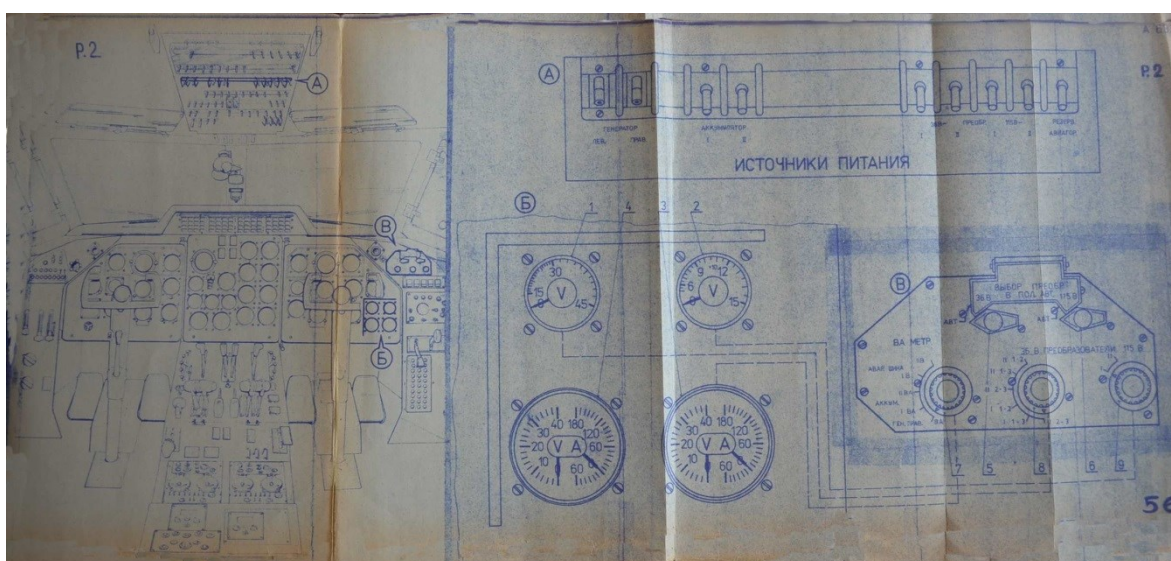
Obrázek 1 Principiální schéma zdrojové soustavy letadla L- 410

2) Blokové schéma vyjadřuje umístění jednotlivých částí po funkčních blocích.



Obrázek 2 Blokové schéma zdrojové soustavy letadla L- 410

3) Schéma rozmístění ovládacích a kontrolních prvků v pilotní kabině.



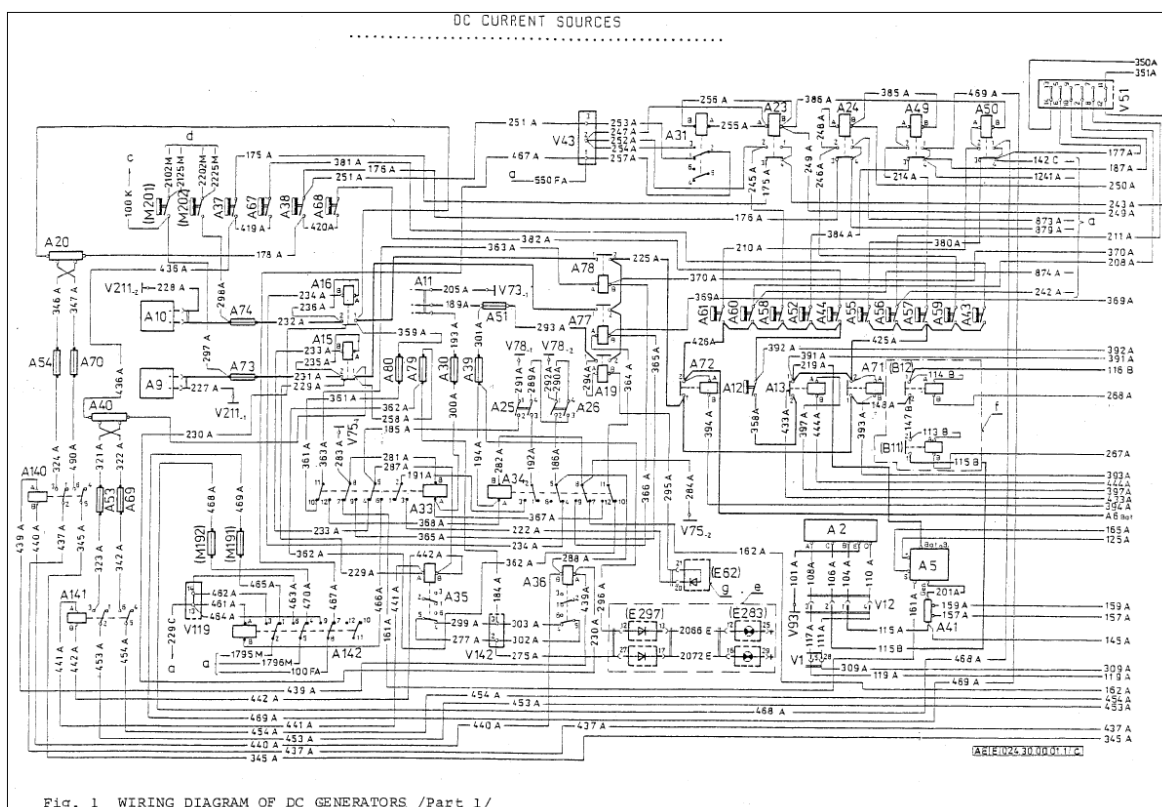
Obrázek 3 Ovládací a kontrolní prvky zdrojové soustavy letadla L- 410

4) Svazkové schéma vyjadřuje umístění jednotlivých kabelových svazků na letadle s propojením.

- 5) Schéma zapojení vyjadřuje schéma zapojení daného systému s označením jednotlivých částí kabelů, konektorů, svorek a sběrnic.

Systém značení pro letadla české výroby je v podstatě stejný. Na obrázku 4 je pro názorný případ zobrazeno schéma zapojení DC generátoru letadla L- 410. Můžeme zde vidět několik druhů značení.

- A- značí zdrojovou soustavu jako celek.
- A2, A5, A10,...- tyto znaky značí jednotlivé součásti zdrojové soustavy. Podrobnější vysvětlivky jsou pak vysvětleny legendě k příslušnému obrázku. Částečná legenda k obrázku 4 Obrázek 4 je znázorněna v tabulce 2.
- Další značení je kombinace čísel a písmen na čáře znázorňující vodič. Tato kombinace čísel a písmen identifikuje vodič.
 - o Pro přehlednější orientaci ve schématu zapojení mohou být barevně odděleny signály. Například silové signály se naznačí červeně, kontrolní obvody se naznačí zeleně a ovládací obvody žlutě.

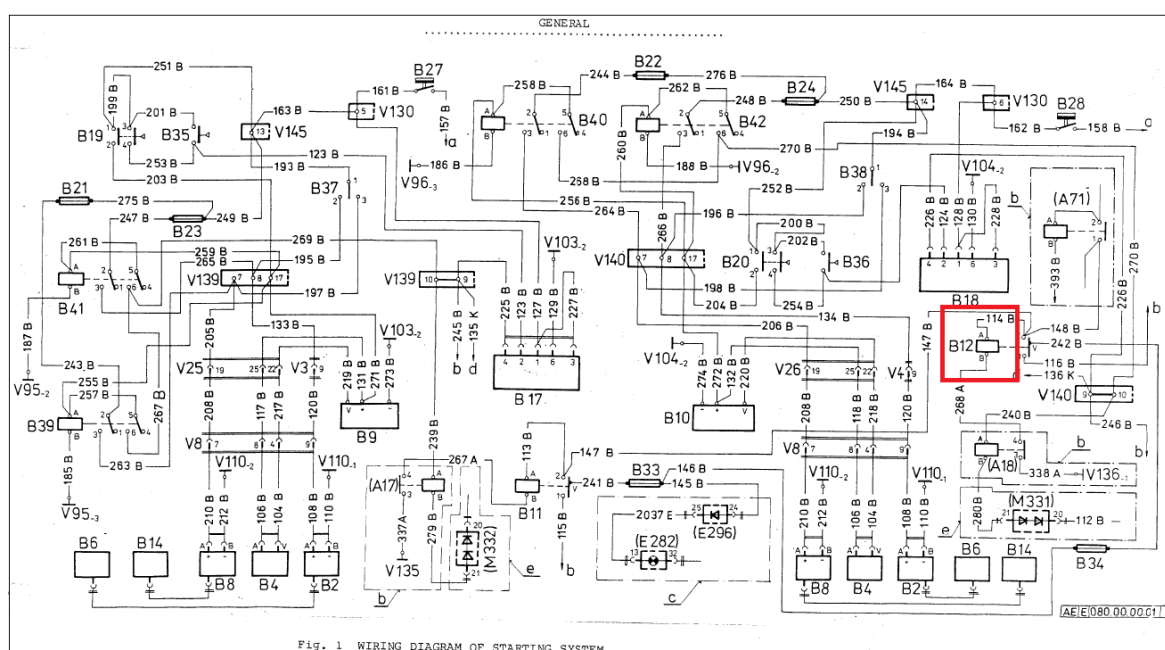


Obrázek 4 Schéma zapojení DC generátoru na L- 410

Označení	Název	Typ	Umístění na letounu
A2	Startér generátor	LUN 2132.02- 8	Zadní strana pravého motoru
A5	Diferenciální relé	DMR 400 DSP	Mezi 8. a 9. přepážkou vpravo
A10	Baterie	20 NKBN- 25	Mezi 1. a 2. přepážkou vlevo

Tabulka 2 Legenda ke schématu zapojení DC generátoru

V rámci schémat se vyskytují návazné systémy, které odkazují na další systém letadla. Pro názornou ukázkou na obrázku 4 je odkaz na položku B 12. K tomu, abychom byly schopni identifikovat tuto položku, je zapotřebí otevřít schéma elektrického systému B spouštění obrázek 5, kde nalezneme ve schématu tuto položku a v legendě k příslušnému schématu nalezneme popis.



Obrázek 5 Schéma spouštění

Označení	Název	Typ	Umístění na letounu
B12	Stykač	TKS 401 DOD	Přepážka 9 na pravé straně

Tabulka 3 Legenda ke schématu zapojení spouštěcího systému

4 Modul E Vodiče

Výuka modulu E je zaměřena na vodiče, jejich bezpečnou a efektivní údržbu. Dále se výuka modulu E věnuje vodičům a jejich kontrole. Po té, kdy bude dokončena výuka modulu E, by měl technik prokázat následující dovednosti:

- a) prokázat postup používaný k identifikaci konkrétního typu vodiče pomocí manuálu
- b) znát ze schválených dat různé typy izolace a jejich relativní kvality
- c) znát postupy kontroly pro vodiče a svazky vodičů

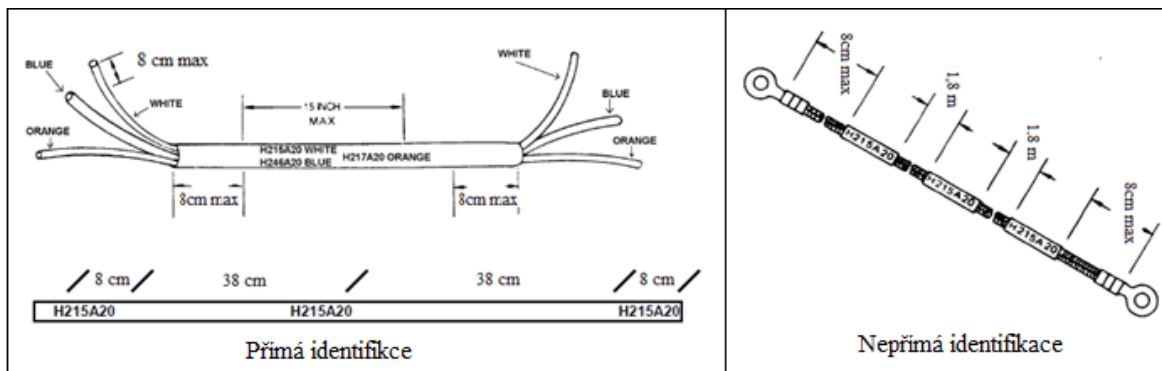
4.1 Identifikace, typy a konstrukce vodičů

Tato kapitola popisuje postup při identifikaci vodičů. Identifikaci vodičů můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupina identifikace vodičů je z hlediska výrobce. Druhá skupina identifikace je identifikování vodiče v elektroinstalaci na letadle. Dále zde budou popsány základní typy a konstrukce kabelů, které se používají na letecké technice.

4.1.1 Identifikace vodičů

Identifikace vodiče se provádí pro usnadnění při instalaci, údržbě a při orientaci ve wiring manualu. Identifikace vodiče se skládá z kombinace čísel a písmen, které identifikují vodič. Všechny znaky na vodiči by měly být v čitelné velikosti a vhodné barvě. Identifikace vodiče může být rozdělena do dvou typů. První typ identifikace je identifikace z hlediska výrobce. Druhá možnost identifikace vodiče v elektroinstalaci na letadle.

Umístění identifikačního označení by mělo být umístěno na každém konci vodiče a pak průběžně po celé délce vodiče v intervalech po 38 cm. Vodiče, jejichž délka nepřesahuje 8 cm, nemusí být identifikovány. Vodiče o délce 8 až 38 cm by měly být označeny uprostřed. Přímé značení se provádí přímo na izolaci vodiče, viz obrázek 6. Nepřímé značení se provádí tiskem značení na smršťovací bužírku, ta se umísťuje do 8 cm od konce vodiče a pak v intervalech po 1,8 m, viz obrázek 6.



Obrázek 6 Identifikace vodičů

A) Identifikace vodiče z hlediska výrobce

Identifikace z hlediska výrobce udává, jaké parametry má daný vodič. Každý výrobce má své specifické značení vodičů. V tomto případě bylo zvoleno značení konkrétního vodiče SPEC 55A od firmy Tycoelectronics.

55 A X X X X – AWG X/X- X

1 2 3 4 5 6 7 8

1) Základní specifikace vodiče

2) Konstrukce

0- základní vodič

1- na stínění je použit stejný materiál jako na jádro vodiče, stínění je provedeno vláknem kruhového průřezu, vnější izolace

2- na stínění je použit stejný materiál jako na jádro vodiče, stínění je provedeno vláknem plochého průřezu, vnější izolace

3- na stínění je použit stejný materiál jako na jádro vodiče, stínění je provedeno vláknem kruhového průřezu, bez vnější izolace

4- stíněný vodič

5- stínění spirálově vinutou fólií, vnější izolace

8- speciální konstrukce

9- speciální konstrukce, nízká hmotnost

3) Třída vodiče

1- 600V vodič pro přístroje, nízká hmotnost

2- 600V vodič pro použití v draku, nízká hmotnost

3- 450V vodič pro přístroje, normální hmotnost

8- 600V vodič pro použití v draku, normální hmotnost

4) Počet vodičů

1 až 10

5) Jádro vodiče

1- pocínované 2- postříbřené 3- poniklované

4- Postříbřená vysokopevnostní slitina mědi

6- Poniklovaná vysokopevnostní slitina mědi

6) Průřez vodiče

AWG	mm ²	Počet drátů [ks] / průměr drátu [mm]	Vnější průměr vodiče [mm]	Váha vodiče [g/m]
30	0,06	7/ 0,102	0,61	0,98
28	0,09	7/ 0,127	0,68	1,35
26	0,16	19/ 0,102	0,81	2,1
24	0,24	19/ 0,127	0,94	2,98
22	0,38	19/ 0,16	1,09	4,2
20	0,62	19/ 0,203	1,27	6,4
18	0,96	19/ 0,254	1,52	9,7
16	1,23	19/ 0,287	1,73	12,4
14	1,94	19/ 0,361	2,2	19,4
12	2,97	37/ 0,320	2,62	29,35
10	4,7	37/ 0,403	3,25	47,4

Tabulka 4 Průřezy vodičů

7) Kód barvy základního vodiče

0= černá	3= oranžová	7= fialová
1= hnědá	4= žlutá	8= šedá
2= červená	5= zelená	9= bílá
2L= růžová	6= modrá	

8) Barva vnějšího pláště (v letectví je preferována bílá barva)

Příklad označení

55A1822-20-2/6-9 - kroucená dvojice vodičů s postříbřeným jádrem o průřezu AWG 20 ($0,62 \text{ mm}^2$) stíněná měděným pocínovaným opletením a chráněná vnějším pláštěm bílé barvy. Vodiče jsou barvy červené a modré a jsou určeny pro speciální použití.

B) Identifikace vodiče v elektroinstalaci na letadle

Všechny vodiče použité na letadle musí být typově označeny po celé délce. K identifikaci určitého kabelu musí technik vědět, že každý vodič má několik identifikačních kódů.

- WTC- Wire Type Code
- WS- Wire Specification
- WPN- Wire Part Number

Při provádění identifikace je nutné, aby měl technik správnou dokumentaci, protože Wiring Diagram Manual (WDM), podle kterého může identifikaci vodiče provést, je pro každé letadlo specifický.

Postup při identifikaci:

- 1) Nejprve najdeme číslo kabelového svazku a jeho číslo, dále najdeme číslo daného vodiče ve svazku.
- 2) Podle čísla daný svazek najdeme ve Wiring Diagram Manual, kde jsou vypsány všechny vodiče obsažené ve svazku.
- 3) V tabulce 5 podle WTC určíme WPN, podle kterého můžeme kabel identifikovat.

Tabulka 5 obsahuje Wire Type Code (WTC), který je tvořen Wiring Diagram Manual (WDM), a Wire Specification (WS) nebo Wire Part Number (WPN).

Table 1 WIRE TYPE CODES										
Wire Type Code	707 Model Wiring Diagram Manual						Wire Specification or Part Number	Number of Conductors	Notes	
	2	3	4	5	6	7				
01	2	3	-	-	-	-	BMS 13-8 Type I Class A	01	High Temperature	
02	2	3	-	-	-	-	BMS 13-8 Type II Class A	01	Shielded, High Temperature	
03	2	3	-	5	-	-	1-70436-1, TWA, MIL-W-16878D	26	-	
04	2	3	-	5	-	-	1-70436-2, TWA, MIL-W-16878D	26	Shielded	
05	2	3	-	5	-	-	TB/A	01	Coax	
06	-	3	-	5	-	-	21-606, Aljak	01	Coax	
07	2	3	-	5	-	-	21-607, Aljak	01	Coax	
08	2	3	-	-	-	-	RG-8A, MIL-C-17	01	Coax	
09	2	3	-	-	-	-	5021E1331, Raychem	01	Coax	
0A	-	-	-	-	-	7	BMS 13-48 Type 15 Class 1	01	Shielded	
0B	-	-	-	-	-	7	BMS 13-48 Type 15 Class 2	02	Shielded	
0C	-	-	-	-	6	7	BMS 13-48 Type 15 Class 3	03	Shielded	
0D	-	-	-	-	-	7	BMS 13-48 Type 15 Class 4	04	Shielded	
0E	-	-	4	-	6	7	BMS 13-65 Type 0E, S280W503-1	01	Coax	
0F	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0F, S280W503-2	01	Coax	
0G	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0G, S280W503-3	01	Coax	
0H	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0H, S280W503-4	01	Coax	
0J	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0J, S280W503-5	01	Coax	
0K	-	3	4	5	6	7	BMS 13-65 Type 0K, S280W503-6	01	Light Weight Coax	
0L	-	-	-	-	6	7	BMS 13-60 Type 22 Class 3	03	AI	
0M	-	-	4	-	6	7	930-OFSXE, Thermax	3	50 Ohm, Triax	
0N	-	-	4	-	6	7	S280W502-1	02	100 ohm, Round Conductor Shield, Adjacent Flat Conductor Shield	
0Q	-	3	4	-	6	7	S280W502-3	04	100 ohm, Shielded Pair of Shielded Component Wires	

20-00-13

20-00-13

Tabulka 5

Tabulka 6 je doplněna o sloupec Number of Conductors, kde je uvedeno, z kolika vodičů se kabel skládá.

Table 2 WIRE PART NUMBERS									
Wire Specification or Part Number	Notes	Wire Type Code	Number of Conductors	707 Model Wiring Diagram Manual					
				2	3	4	5	6	7
001-BC-100/140/160PM, Northern Lights	Fiber Optic	F2	-	-	-	-	5	-	-
001-BC-HT-100/140/160PM, Northern Lights	Fiber Optic	F3	-	-	-	-	5	-	-
0024A0014, Raychem	Shielded, 100 ohm	8L	02	-	-	-	-	6	-
0024A0014, Raychem	100 ohm Balanced Line	EZ	01	-	3	-	5	-	-
08766/01147KE-3, Tensolite	-	A9	03	-	-	-	-	-	7
1-70436-1, TWA, MIL-W-16878D	-	03	26	2	3	-	5	-	-
1-70436-2, TWA, MIL-W-16878D	Shielded	04	26	2	3	-	5	-	-
1/0766/9D032E-6, Tensolite	Special BMS 13-35	TB	06	-	-	-	-	-	7
1/0TLA/02101E-6, Tensolite	Aluminum	QH	6	-	-	-	-	-	7
10-02716, MIL-C-13273	Retractile	16	02	2	3	-	-	-	-
10-60233-1	-	31	05	2	3	-	-	-	-
10-60233-10	-	MV	03	-	3	-	-	-	-
10-60233-2	-	32	03	-	3	-	-	-	-
10-60233-3	-	33	03	2	3	-	-	-	-
10-60233-4	-	34	03	2	3	-	-	-	-
10-60233-5	-	35	12	2	3	-	-	-	-
10-60233-6	-	36	19	2	3	-	-	-	-

20-00-13

20-00-13

Tabulka 6

Tabulka 7 uvádí alternativy WS nebo WPN pro již určené WS nebo WPN.

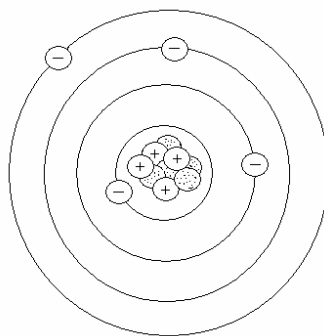
Table 3 ALTERNATIVE WIRES		
Specified Wire	Alternative Wire	
	Specification or Part Number	Special Conditions
0024A0014, Raychem	831-4245270, Pirelli	Ships Bundles Only
08766/01147KE-3, Tensolite	BMS 13-60 Type 22 Class 3	-
1/0766/9D032E-6, Tensolite	1/0TLA/02101E-6, Tensolite	-
1/0766/9D032E-6, Tensolite	30-05899, Champlain	-
1/0TLA/02101E-6, Tensolite	1/0766/9D032E-6, Tensolite	-
10-60233-1	10-60233-7	-
10-60233-3	10-60233-9	-
10-60233-4	10-60233-10	-
10-60816-1	BMS 13-55 Type 4	-
10-60816-11	10-60816-43	-
10-60816-13	BMS 13-55 Type 2	-
10-60816-13	BMS 13-60 Type 10	-
10-60816-15	10-60816-45	-
10-60816-16	10-60816-46	-
10-60816-17	BMS 13-55 Type 5	-
10-60816-19	10-60816-47	-
10-60816-2	10-60816-36	-
10-60816-21	10-60816-49	-
10-60816-22	10-60816-50	-
10-60816-23	BMS 13-55 Type 2	-
10-60816-26	10-60816-52	-
10-60816-27	10-60816-53	-
10-60816-31	BMS 13-60 Type 10	-
10-60816-4	10-60816-38	-
10-60816-56	BMS 13-60 Type 10	-
10-60816-62	DM-F-2MF, Matsushita	-
10-60816-7	10-60816-39	-
10-60816-8	10-60816-40	-
10-60875-3	M16878/5BGE2	-
10-61299-1	10-61299-4	-
10-61299-2	10-61299-5	-

20-00-13

Tabulka 7

4.1.2 Typy a konstrukce vodičů

Elektrické soustavy letadel slouží k napájení silových soustav, palubních přístrojů, agregátů, radiových vybavení a podobně. To, co je všem vodičům společné, je vodič, kov který přenáší elektrický proud. Mezi nejlepší vodiče se řadí tyto kovy: měď, stříbro a hliník. Kovy mají krystalickou strukturu, jejich atomy jsou pevně uspořádány v krystalové mřížce. Jejich nejvzdálenější záporně nabitě částice vidíme na obrázku. Tyto částice nazýváme valenčními elektrony, které jsou velmi slabě vázány a pohybují se více méně volně v krystalové mřížce. Na jejich počtu závisí vodivost látky. Pohybem volných valenčních elektronů uvnitř nějaké látky dojde k toku elektronů, kterému říkáme elektrický proud. Elektrické pole se vodičem šíří rychlostí světla.



Obrázek 7 Uspořádání atomů v krystalové mřížce

Vodiče samotné mají konstrukci, která musí zajistit především to, že k danému agregátu nebo zařízení je spolehlivě přiveden proud adekvátní výkonu daného zařízení až na hodnotu maximálního výkonu. Přitom vodič musí svoji funkci plnit v různých podmínkách. V letectví jsou často vnější podmínky extrémní, například okolní teploty atmosféry v deseti kilometrech, kde se nacházejí letové hladiny dopravních letadel jsou -56°C , na druhé straně vysoké teploty ve stovkách stupňů v prostředí proudového motoru a podmínky práce kabeláže na pohyblivých agregátech jako je například zatahování podvozku a ovládání mechanizace křídla. Vodiče musí mít dostatečnou mechanickou pevnost, musí splňovat požadavky na okolní podmínky a nesmí překročit povolený úbytek napětí.

Na leteckou techniku mohou být použity jen vodiče, které jsou konstruovány a certifikovány pro leteckou techniku. Vodiče, které nejsou certifikovány pro leteckou techniku, mohou mít horší kvalitu, protože během výroby je malá nebo žádná kontrola výrobního procesu.

K tomu, aby byla zaručena dlouhá životnost a vodivost vodičů, se vodiče pokovují. Na holých měděných vodičích se po čase může vytvořit vrstva oxidu v závislosti na tom, v jakém prostředí je vodič provozován. Tato vrstva oxidu způsobuje zhoršení vodivosti vodiče, protože oxid není vodič. Proto jsou všechny vodiče, které se používají na letecké technice, pokoveny buď cínem, niklem nebo stříbrem. Tyto materiály jsou mnohem odolnější proti oxidaci.

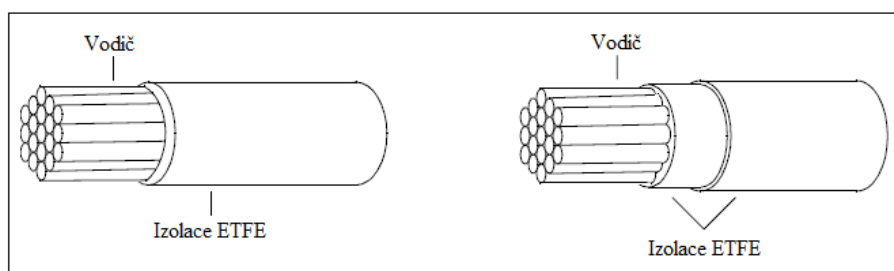
- Pocínovaná slitina mědi je velmi častý vodič používaný na výrobu vodičů pro leteckou techniku. Jelikož je vodič pocínovaný, hodí se dobře na pájecí koncovky, protože se nemusí používat pájecí pasty. Pocínovaný vodič může být použit do teploty 150°C .

- Postříbřená slitina mědi je používána v prostředích, kde teplota nepřekračuje 200°C
- Poniklovaná slitina mědi si zachovává svoje vlastnosti nad 260 °C. Pájené koncovky na poniklované vodiče vyžadují použití odlišných tavidel, než které se používají na pocínované nebo postříbřené vodiče.

A) Nízkofrekvenční vodiče

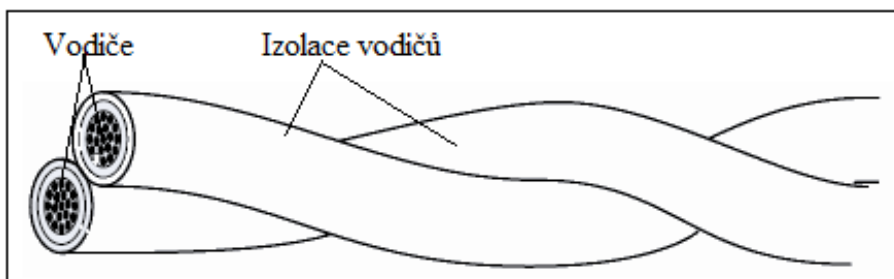
Konstrukce konkrétního vodiče SPEC 55 od firmy Tycoelectronics. Vodiče SPEC 55A jsou jedny z nejrozsáhlejších kabelových produktů pro letecký průmysl. Vodiče SPEC 55A mají teplotně odolnou, tenkostěnnou jedno popřípadě dvouvrstvou izolaci ETFE, teplotní rozsah této izolace je -65 až 200°C. Jádra vodičů mohou být pocínována, poniklována, postříbřena nebo opatřena speciálním vysoce odolným povlakem. Níže budou popsány jednotlivé konstrukce vodiče SPEC 55.

a) Na obrázku 8 Obrázek 8 je vidět, že základní vodič se skládá z vodiče a izolace. V levé části obrázku je vodič s jednou vrstvou izolace a na pravé části je vodič se dvěma vrstvami izolace.



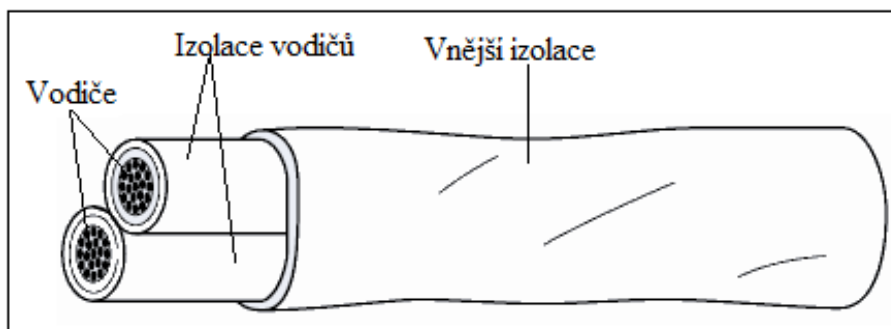
Obrázek 8 Konstrukce základního vodiče

b) Na obrázku 9 Obrázek 9 je znázorněna kroucená dvojice vodičů bez vnější izolace. Takto mohou být skrouceny 2 až 10 vodičů.



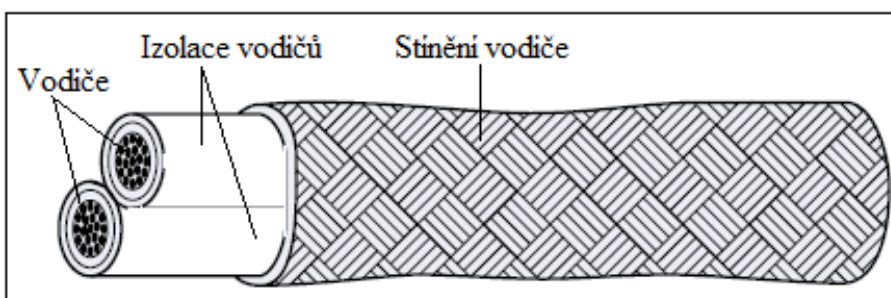
Obrázek 9 Kroucená dvojice vodičů

c) Na obrázku 10 Obrázek 10 je znázorněna kroucená dvojice vodičů, kterou pohromadě drží vnější izolace. Tímto způsobem mohou být pohromadě 2 až 10 vodičů.



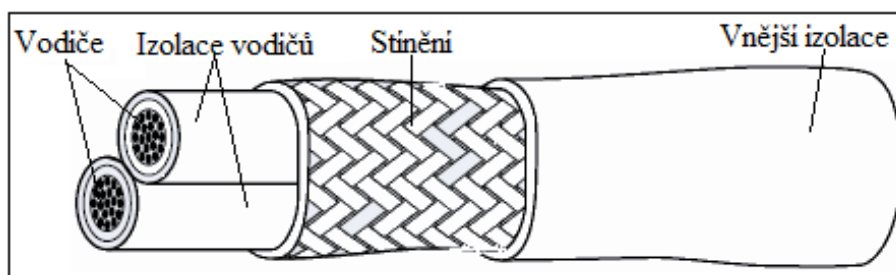
Obrázek 10 Kroucená dvojice s vnější izolací

d) Na obrázku 11 jsou znázorněny stíněné vodiče kulatým vláknem bez vnější izolace. Tímto způsobem může být pohromadě 1 až 10 vodičů.



Obrázek 11 Stíněný vodič bez vnější izolace

e) Na obrázku 12 Obrázek 12 jsou znázorněny stíněné vodiče plochým vláknem s vnější izolací. Tímto způsobem může být pohromadě 1 až 10 vodičů.

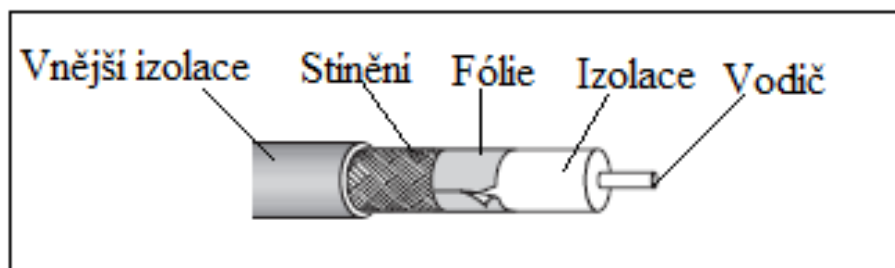


Obrázek 12 Stíněný vodič s vnější izolací

B) Vysokofrekvenční vodiče

Vysokofrekvenční vodiče neboli koaxiální kabel se skládá z centrálního vodiče obklopeného izolantem, jenž je z venku obklopený vnějším stíněním, které funguje jako zemnění. Toto všechno je uzavřeno vnější izolací. Stínění vodiče je zde kvůli minimalizaci radiového rušení, které by se mohlo na vodič dostat z elektromagnetických polí jiných

vodičů. Koaxiální kabely musí být vedeny odděleně od ostatních vodičů, nebo svazku vodičů. Jejich ohyb se volí jako největší možný, minimálně přípustný je 10ti- násobek vnějšího průměru kabelu jako poloměr ohybu.



Obrázek 13 Koaxiální kabel

4.2 Izolační vlastnosti

Izolanty jsou látky, které mají vazební síly mezi protony a elektrony silné. Nabité částice jsou vázané na pevné místo a nemají žádný volný elektron. Nemohou se působením elektrického pole vzdálit. Důsledkem toho je, že v izolantech nemůže elektrické pole vyvolat elektrický proud. S rostoucí teplotou odpor izolantů klesá, a proto může dojít při vyšších teplotách k průrazu.

Izolanty jsou například chemicky čistá voda, keramiky, sklo, slída a celá řada plastických hmot, které se používají jako izolanty vodičů.

4.2.1 Typy izolace

Existuje mnoho druhů izolačních materiálů vodičů a jejich kombinace používané na letadlech. Charakteristika izolantů by měla být zvolena na základě požadavků okolního prostředí jako je odolnost proti otěru, odolnost proti elektrickému oblouku na povrchu izolace, odolnost proti korozi, elektrická pevnost, odolnost proti plamenu, mechanická pevnost a nízké kouřové emise. Izolační materiály, které se k izolaci používají, se dělí na tři kategorie:

- 1) vulkanizované elastomerické izolační materiály (EPR, NEOPREN, SILIKONOVÝ KAUČUK,...). Do této skupiny výrobků patří kabely, z nichž mnohé jsou známé díky jejich rozšíření v civilních a průmyslových zařízeních, kde nejsou vyžadovány záruky nebo funkce
- 2) zesílené izolační materiály (XPPE, RADOX, VALPREN,...) vykazují lepší mechanické a elektrické vlastnosti než termoplastické polymery a kaučuky

- 3) termoplastické izolační materiály (PVC, PP, PA, PET, FLUOROPOLYMERY,...)
v letectví se právě používají vodiče izolované ve fluoropolymerech

Fluoropolymery patří mezi termoplastické materiály, jsou obecně mnohem tužší ve srovnání s vulkanizovanými elastomery. Vodiče izolované ve fluoropolymerech jsou také určeny k použití, kde je třeba zaručit dobrou izolaci s velmi omezenou tloušťkou, což je v letectví důležité, neboť více izolace znamená větší hmotnost vodičů.

Jejich molekulární struktura nasycená atomy fluoru mu zaručuje:

- odolnost proti plamenům a nízké emise při hoření
- chemickou stálost vůči chemickým činidlům, olejům, kyselinám, zásadám a rozpouštědlům
- dielektrické vlastnosti velmi vysokou izolační odolnost a specifický odpor
- stále elektrické a mechanické vlastnosti při širokém rozsahu teplot
 - ETFE (etylén- tetra- fluoro- etylén) - 60 až + 155 °C
 - PTFE (poly- tetra- fluoro- etylén) - 100 až + 260 °C
 - COMP (Composite) - 100 až + 260 °C
 - PI (Aromatic polyamide) - 100 až + 260 °C

Na letecké technice se používají termoplastické izolační materiály, v tabulce 8 je znázorněno srovnání jednotlivých parametrů izolačních materiálů.

Parametry	VLASTNOSTI			
	lepší	1	2	horší
Hmotnost	PI	ETFE	COMP	PTFE
Teplotní rozsah	PTFE	COMP	PI	ETFE
Odolnost proti otěru	PI	ETFE	COMP	PTFE
Chemická odolnost	PTFE	ETFE	COMP	PI
Hořlavost	PTFE	COMP	PI	ETFE
Kouřové emise	PI	COMP	PTFE	ETFE
Flexibilita	PTFE	ETFE	COMP	PI
Tvarování v závislosti na teplotě	PI	COMP	PTFE	ETFE
Odolnost proti elektrickému oblouku	PTFE	ETFE	COMP	PI

Tabulka 8 Srovnání parametrů izolačních materiálů

4.2.2 Poškození izolace

Poškození izolace vibracemi: oblasti, kde se vyskytují velké vibrace, urychlují degradaci izolace tím, že izolace vodiče popraská.

Poškození izolace během údržby: neplánovaná údržba nebo oprava, která neodpovídá doporučeným postupům pro údržbu od výrobce, může vést k poškození izolace. Mezi toto poškození můžeme zařadit skřípnutí vodiče pod svoru, přílišný ohyb vodiče může vést k popraskání izolace, špatné uložení vodiče může způsobit abrazivní poškození vodiče nebo kovové piliny na svazku vodičů. Piliny je nutné po skončení práce odstranit.

Poškození izolace nepřímou událostí: mohou být způsobené například prasklým vzduchovým potrubím, které může v okolí potrubí poškodit izolaci vodiče.

Poškození izolace chemickou kontaminací: chemické látky, jako jsou hydraulické kapaliny, elektrolyt v baterii, palivo, antikoroziční látky, chemické látky z toalet, čisticí prostředky, rozmrazovací kapaliny, barvy. V blízkosti těchto zdrojů by měla být izolace kontrolována, protože tyto látky mohou způsobit rozpouštění, bobtnání nebo naleptání izolace.

Poškození izolace teplem: izolace vodičů, která byla vystavena působení vysoké teplotě způsobuje, že izolace ztvdne a popraská. Toto poškození je někdy vidět na motorech.

Poškození izolace instalací vodiče: mezi tato poškození lze zařadit skřípnutí vodiče pod objímku, přílišný ohyb vodiče, špatné uložení vodiče může způsobit otěr vodiče

4.2.3 Výboj

Fyzikální jev, kdy elektrický proud prochází plynem. Plyny jsou za normálních podmínek izolanty a podmínkou, aby plyn vedl elektrický proud, je rozštěpení elektricky neutrálních molekul na ionty a volné elektrony. Tento děj se nazývá ionizace a energii potřebnou k ionizaci dodává molekulám ionizátor, například silné elektrické pole. Potom mohou volné elektrony zajistit průchod elektrického proudu. Výboj je doprovázen světelným efektem.

V praxi se s výbojem můžeme setkat v podobě blesku, nebo uvnitř letadla. Například máme poškozený vodič tak, že jsou přetrhaná vlákna vodiče a působením silného elektrického pole může mezi nimi přeskočit výboj a způsobit požár na palubě letadla.

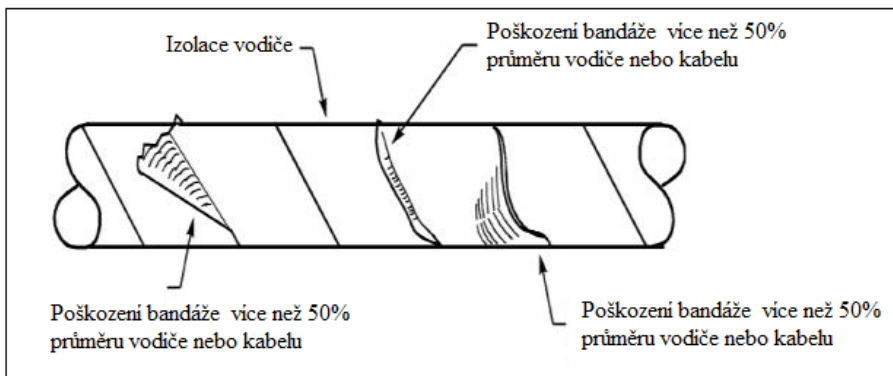
4.3 Kontrola vodičů a svazků vodičů

Tato část popisuje, za jakých podmínek se provádí kontrola vodičů a svazku vodičů. Před zahájením kontroly musí být odpojena elektřina otevřením pojistek, nebo odpojení letadla od baterií nebo pozemního zdroje. Dále se musí všechny instalované části očistit od nečistot. V případě, že technik nalezne poškozený vodič nebo svazek vodičů, musí být toto místo označeno, demontováno a opraveno. V případě, že technik tuší, že by mohlo dojít k poškození vodiče nebo svazku vodičů, musí tuto situaci okamžitě řešit. Nejčastěji se jedná o nebezpečí oděru, narušení teplem nebo skřípnutí vodiče pod objímku.

4.3.1 Kontrola jednotlivých vodičů

Oprava je nutná, pokud došlo k:

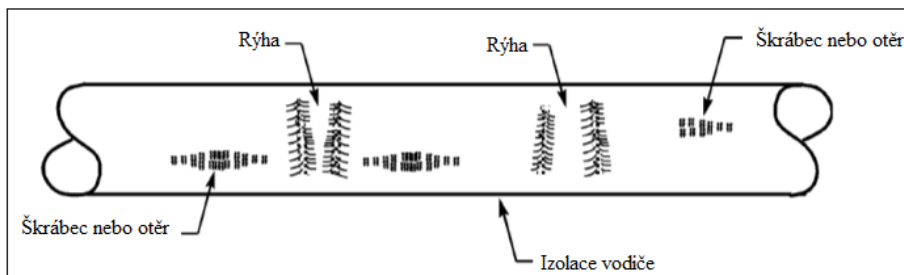
- poškození izolace až na vodič
- poškození bandáže, je-li od původního přesahu odchlípnuta o více než 50%



Obrázek 14 Poškození bandáže

Oprava není nutná, pokud došlo k:

- vzniku záhybu na izolaci při ohybu vodiče
- poškození bandáže je-li od původního přesahu odchlípnuta o méně než 50%
- vzniku malých škrábanců nebo otěrů



Obrázek 15 Oděrky na izolaci

4.3.2 Kontrola svazků vodičů

Při kontrole svazku vodičů si musí technik všimnout uložení svazku vodičů. Svazky se nesmí dotýkat konstrukce letadla, protože vlivem vibrací by mohlo dojít k prodření izolace. Dále musí zkontrolovat správné uchycení svazku vodičů do objímek, žádný vodič nesmí být nikde skřípnutý. Svazky vodičů se také kontrolují na různé kontaminace, jako jsou chemické látky, špony po vrtání a chuchvalce prachu a podobně.

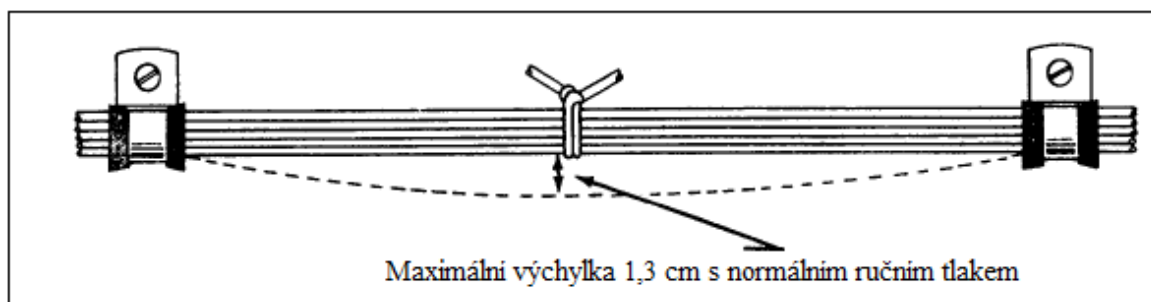
4.4 Svazky vodičů

Svazky vodičů se mohou skládat ze dvou nebo více skupin vodičů upevněných a spojených do jednoho celku pomocí izolačních pásek, provázků nebo plastových stahovacích pásek. Všechny vodiče, které vedou ve svazku vodičů, musí vést rovnoběžně. Vodiče a svazky vodičů musí být přichyceny pomocí příchytů, nebo kabelových plastových pásek tak, aby se zabránilo kontaktu s okolní konstrukcí letounu.

4.4.1 Vedení svazů vodičů

Svazky vodičů musí být vedeny v oblasti, kde jsou chráněny před poškozením od okolního prostředí, personálu, nákladu a činnostech údržby.

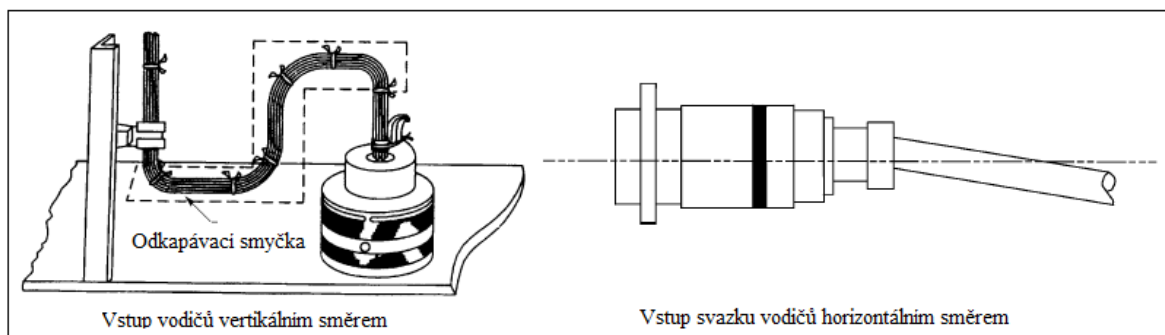
Svazky vodičů musí být naistalovány tak, že svazek nebo samostatný vodič není mechanicky napínán. Za normálních podmínek by nemělo napnutí svazků vodičů přesáhnout výchylku 1,3 cm, mezi opěrnými body viz obrázek 16. Svazky vodičů vedoucí k zařízením, které se pohybuje nebo rázem pohne, musí být dostatečně dlouhé, aby vzdálenost, která vzniká při kmitech, překonaly bez napínání. Zapojení kabelových ok a konektorů musí umožňovat dvě výměny koncovek bez výměny vodiče.



Obrázek 16 Napnutí svazků vodičů mezi svorkami

Odkapávací smyčka je oblast vodiče nebo svazku vodičů, která zabraňuje kapalinám nebo kondenzátu z provozu stéct po svazku do konektoru nebo elektrického zařízení. Vodič nebo svazky vodičů by měly vstupovat do konektorů nebo elektrických zařízení

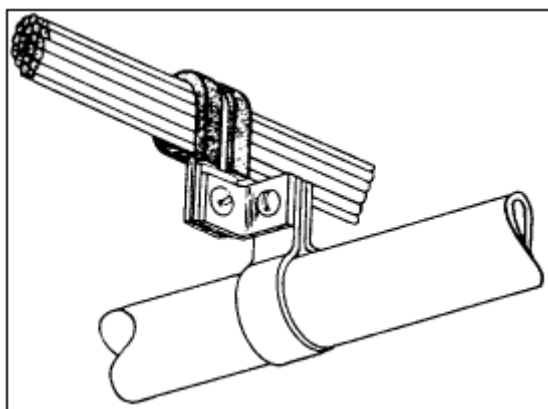
směrem zespoda tam, kde je to možné. Tam, kde vodič nebo svazek vodičů vstupují do konektoru nebo elektrického zařízení směrem zvrchu, by měla být vytvořena odkapávací smyčka. Jestliže vodič nebo svazek vodičů vstupuje do konektoru nebo elektrického zařízení vodorovně, vedení by mělo být směřováno směrem pod vodorovnou osu.



Obrázek 17 Odkapávací smyčka

Napájecí vodiče by měly být vedeny tak, aby se daly snadno kontrolovat nebo nahradit. Napájecím vodičům musí být věnována zvláštní ochrana, aby se zabránilo možnosti tření o konstrukci letadla nebo jiné zařízení.

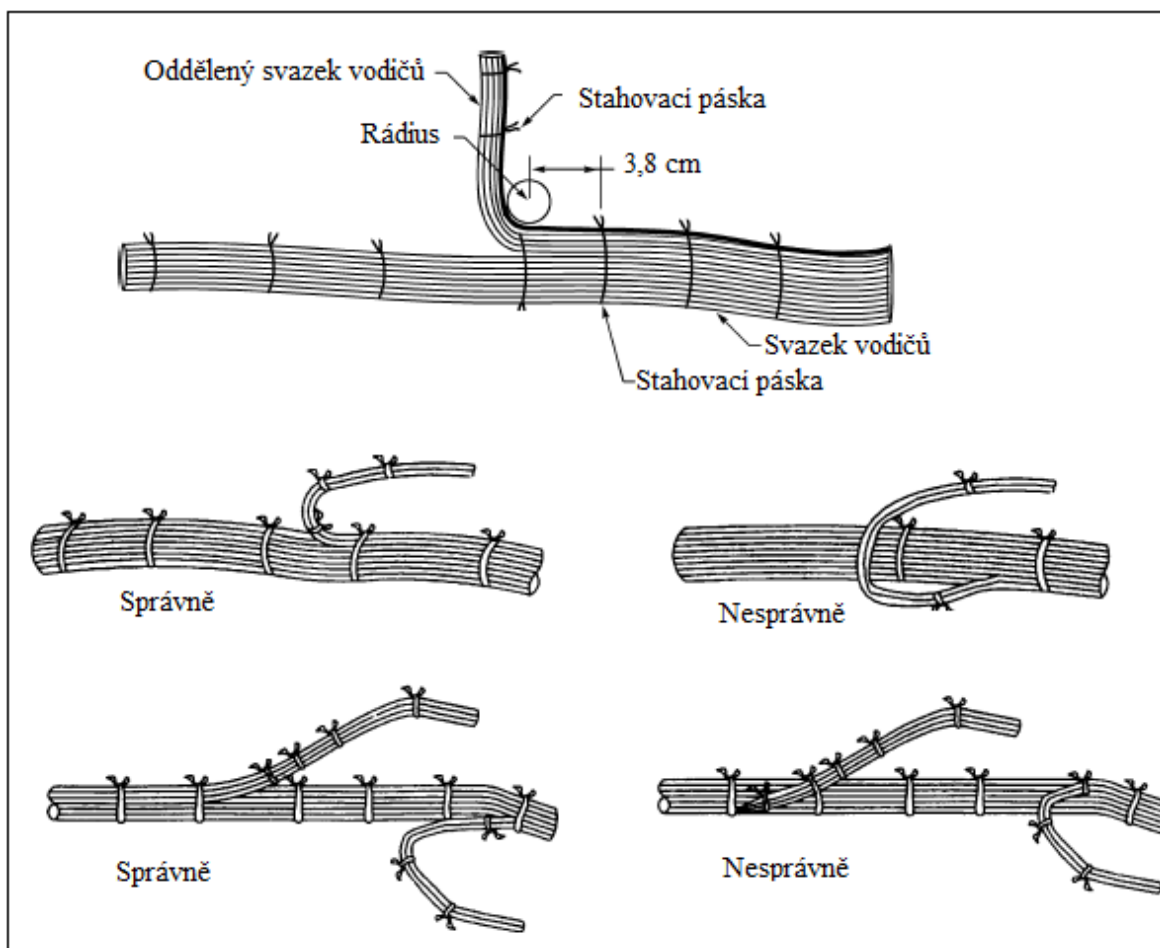
Elektrický oblouk mezi vodičem a potrubím, ve kterém se vede hořlavá kapalina nebo plyn, může způsobit proražení potrubí a požár. Proto je snaha zabránit tomuto nebezpečí oddělením vodičů a svazků od potrubí a zařízení obsahující kyslík, olej, palivo, hydraulické kapalin nebo alkohol. Ideální je, aby vodiče byly vedeny od těchto zařízení v minimální vzdálenosti 15 cm nebo více, kdykoli je to možné. Pokud není možné takové uspořádání, vodič nebo svazek vodičů nesmí být vedena rovnoběžně s potrubím. Musí být zachována vzdálenost minimálně 5 cm mezi elektrickým vedením a potrubím. Pokud je nutné přichytit vodič nebo svazek vodičů na potrubí, musí se v místě, kde se kříží, namontovat svorky, aby se zabránilo pohybu, viz obrázek 18.



Obrázek 18 Přichycení svazku vodičů nad potrubím

4.4.2 Oddělování svazků vodičů

Poloměry ohybu svazků vodičů nesmí být menší než desetinásobek vnějšího průměru největšího vodiče ve svazku. Výjimku tvoří ohyb svazků na šestinásobek vnějšího průměru tam, kde je zapotřebí otočit směr svazku o 180° za předpokladu, že svazek bude vhodně zajištěn.



Obrázek 19 Oddělování vodičů ze svazku

4.4.3 Mezery kabelových svazků

Tabulka 9 udává minimální vzdálenosti mezi svazkem vodičů a konstrukcí letounu, částí zařízení a ostatními komponenty.

Část letadla	Minimální vzdálenost [cm]	Speciální pokyny
Ovládací lanka	5	Jestliže je svazek vodičů zabezpečen pomocí příchytěk, minimální vzdálenost může být snížena.
Palivové potrubí	5	Jestliže je svazek vodičů zabezpečen pomocí příchytěk, minimální vzdálenost může být snížena, viz obrázek 18.
Hydraulické potrubí	1,3	Jestliže je kabeláž zabezpečena pomocí příchytěk, minimální vzdálenost může být snížena, viz obrázek 18.
Kyslíkové potrubí	5	Jestliže je svazek vodičů zabezpečen pomocí příchytěk, minimální vzdálenost může být snížena, viz obrázek 18.
Pitot statické potrubí	1,3	Jestliže je svazek vodičů zabezpečen pomocí příchytěk, minimální vzdálenost může být snížena, viz obrázek 18.
Ostré hrany, konstrukce a zařízení	0,33	Jako ochrana může být použita teflonová bužírka.
Vodní potrubí	1,3	Jestliže je svazek vodičů zabezpečen pomocí příchytěk, minimální vzdálenost může být snížena, viz obrázek 18.

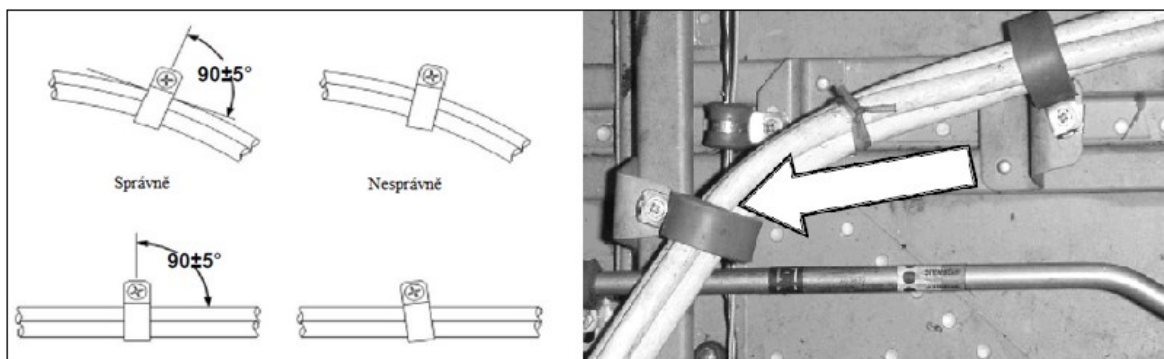
Tabulka 9 Tabulka minimálních vzdáleností

4.4.4 Objímky

Objímky a jiné podpůrné zařízení svazků vodičů musí být vyrobeny z materiálů, které jsou kompatibilní s jejich instalací v okolním prostředí, ve které jsou použity. Mohou se vyskytovat v prostředí s vysokou teplotou, vystaveny působení různých tekutin a mechanickému zatížení. Objímky upevňující svazek ke konstrukci letadla by od sebe měly být v intervalech nepřekračující délku 61 cm. Dále musí být objímky vybírány tak, aby měly kovové příchytky gumovou vložku, která zabraňuje poškození izolace vodiče. Objímky svazků vodičů musí mít odpovídající velikost. V nepřetlakované části letadla nejsou dovoleny objímky z umělé hmoty.

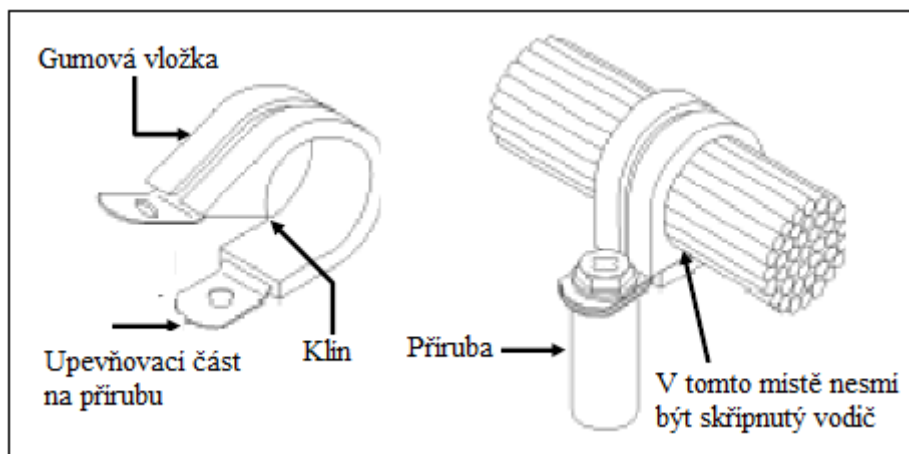
Objímky na svazky vodičů musí zajistit, aby se svazek vodičů nepohyboval skrz objímku při použití mírného axiálního tahu. Koaxiální kabely se do objímky musí vejít bez deformací a objímka musí mít vhodnou velikost, aby se zabránilo kabelu v pohybu nebo pronikat svorkou.

Obrázek 20 Obrázek 20 zobrazuje správné a nesprávné orientace objímek na svazku vodičů. Nesprávná orientace objímky může vést k poškození vodičů.



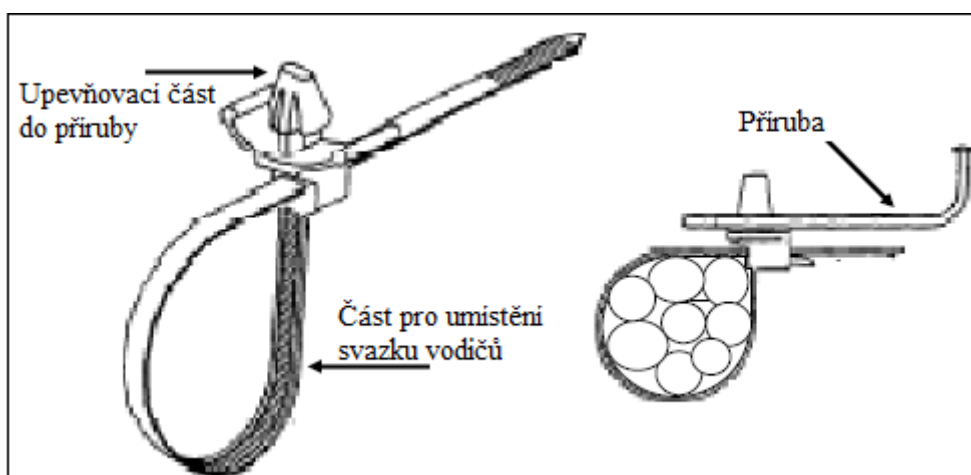
Obrázek 20 Orientace objímek na svazku vodičů

Kovové objímky s gumovou vložkou jsou nejčastějšími objímkami, které se používají na letecké technice, s to se především v nepřetlakovaných částech letadla.



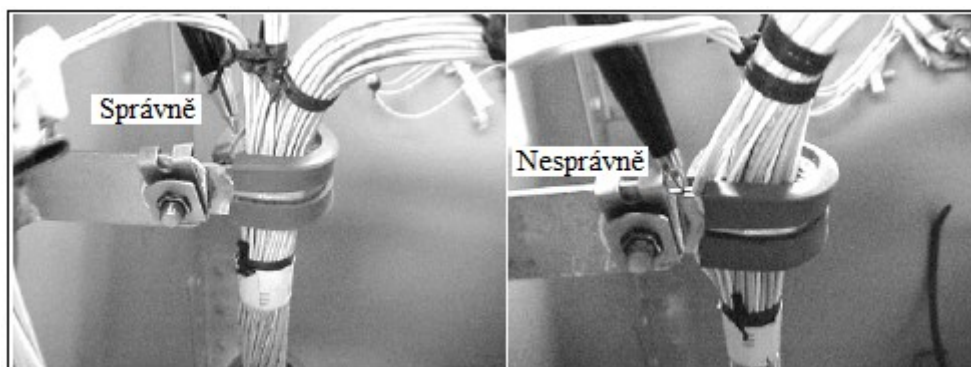
Obrázek 21 Kovová objímka s gumovou vložkou

Plastové stahovací objímky nejsou vhodné pro velké svazky vodičů a neměly by být používány v oblastech, kde se vyskytují vibrace a vysoká teplota.



Obrázek 22 Plastové stahovací objímky

Obrázek 23 znázorňuje uchycení vodičů v objímce, na levé části obrázku je svazek upevněn správně a v pravé je část vodičů skřípnutá pod objímkou.



Obrázek 23 Uchycení vodičů v objímce

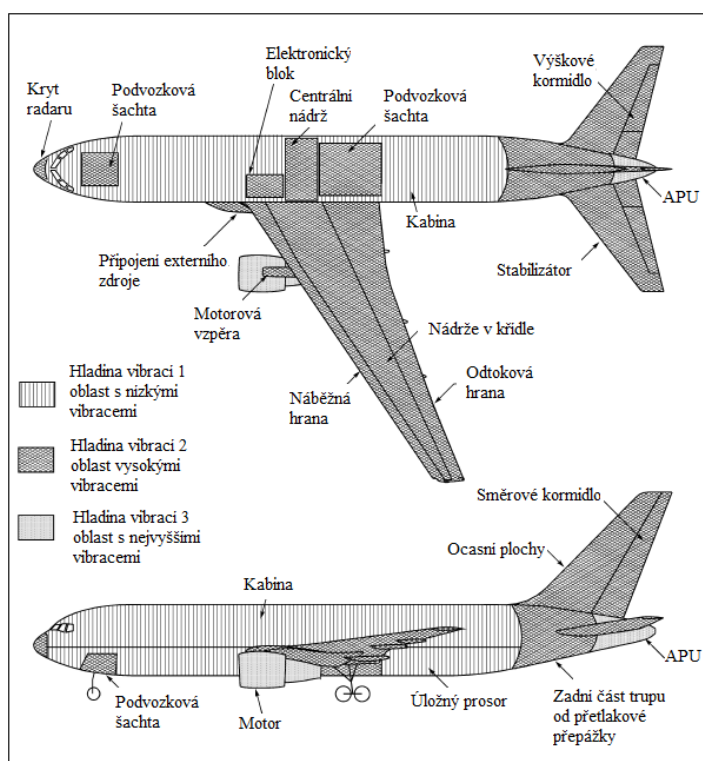
4.4.5 Čištění svazků vodičů

K čištění svazků vodičů od nečistot se mohou použít bavlněné látky, kartáče nebo vysavač. Na odstranění nečistot lze použít vodu, isopropylalkohol, technický benzín nebo jiné čisticí saponáty. Po skončení čištění pomocí chemické látky je třeba toto místo omýt čistou vodou. Během mytí musí technik dávat pozor, aby při čištění nekontaminoval čisticími látkami okolní prostor.

4.5 Typická poškození a oblasti

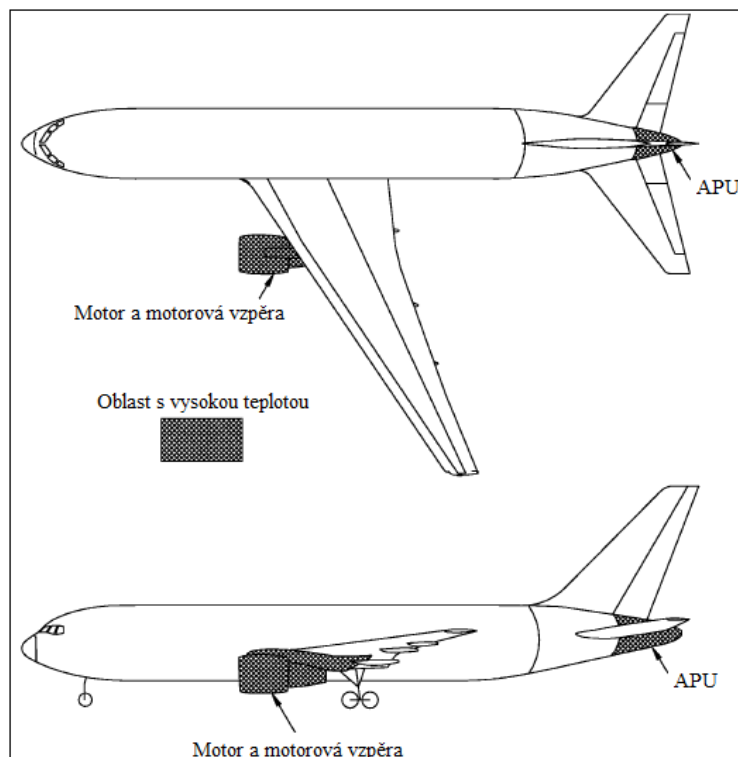
Typická místa poškození se věnují poškození elektroinstalace různými zdroji jako je poškození vibracemi, teplem, plameny, korozí, kontaminací a cestujícími.

4.5.1 Oblasti vibrací



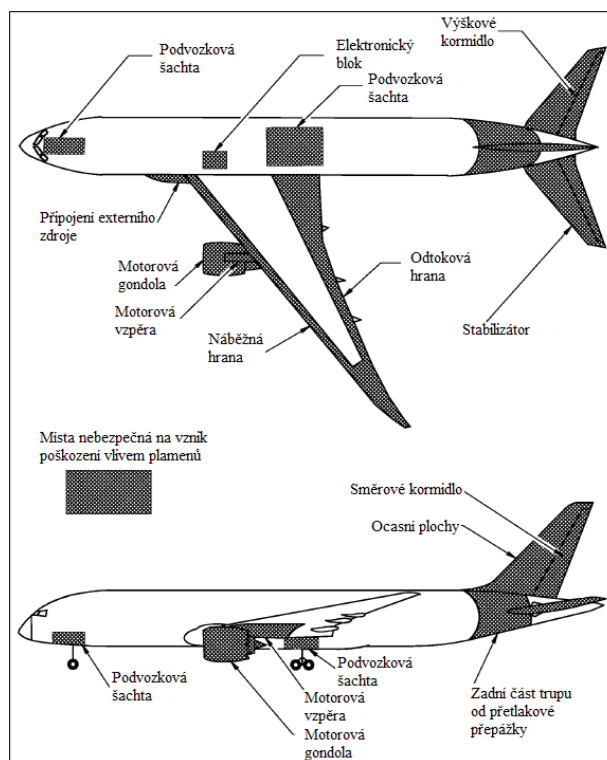
Obrázek 24 Oblasti s výskytem vibrací

4.5.2 Oblasti poškození teplem



Obrázek 25 Oblasti s výskytem vysoké teploty

4.5.3 Oblasti poškození plamenem



Obrázek 26 Místa nebezpečná na vznik poškození vlivem požáru

4.5.4 Oblasti poškození korozí

Koroze se nejčastěji vyskytuje v:

- podvozkové šachtě
- odtokové hraně
- náběžné hraně
- přechod mezi trupem a křídlem
- v nepřetlakovaných prostorech
- na toaletách a kuchyni

4.5.5 Oblasti poškození kontaminací

Poškození kontaminací se obecně nachází v celém letadle. Rozsah poškození vodičů je popsán v kapitole 4.2.2 Poškození izolace.

4.5.6 Poškození personálem a cestujícími

Poškození elektroinstalace cestujícími se vyskytuje v kabině cestujících a na toaletách. Poškození nejčastěji vznikne rozlitými tekutinami, zbytky jídla, zvratky, močí, nebo přímým poškozením vodičů. Poškození elektroinstalace personálem vzniká především při údržbě, například se může jednat o neúmyslné poškození svazku vodičů při vrtání nebo při demontáži letadlových celků.

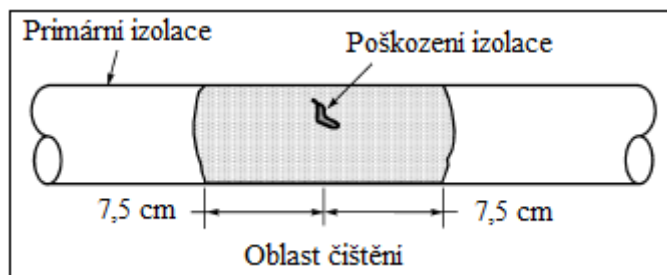
4.6 Postupy oprav vodičů

Všeobecné podmínky pro opravy vodičů a kabelů jsou společné pro všechny opravy:

- stav, který je příčinou poškození, musí být odstraněn, aby se předešlo dalšímu poškození vodičů
- oprava musí být provedena čistýma rukama a čistými nástroji, aby se zabránilo kontaminaci, která může způsobovat špatné těsnění izolačních materiálů
- opravy by měly být trvalé, pokud v příslušných podmínkách není stanoveno jinak
- opravy prováděné v oblasti s výskytem vysokých teplot, palivových výparů, nebo vibrací mohou mít jiné nároky na údržbu

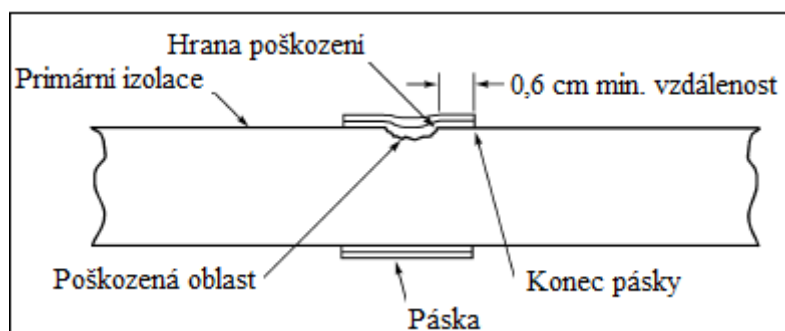
4.6.1 Oprava primární izolace vodiče

- a) Odstraňte uvolněné kusy izolace a ostré hrany v oblasti poškození.
- b) Očistěte izolaci pomocí isopropylalkoholu.
 - Vyčistěte poškozenou oblast izolace na každou stranu 7,5 cm od poškození, viz obrázek 27.
 - Očištěné místo osušte.



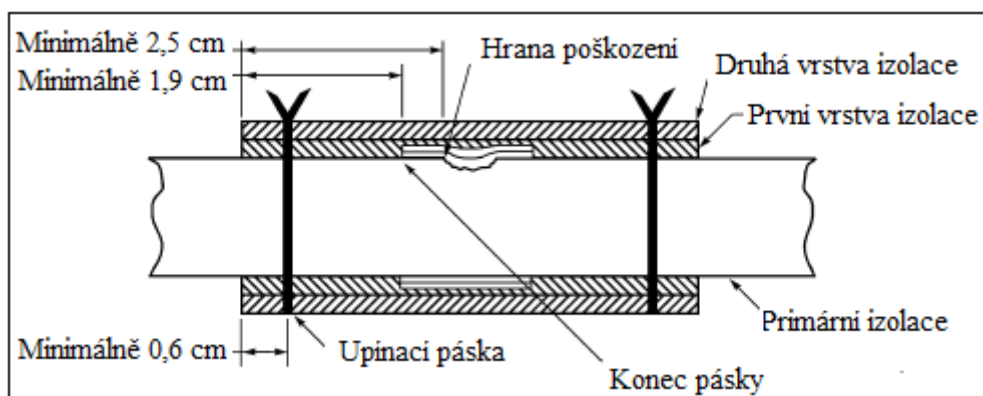
Obrázek 27 Oblast čištění vodiče

- c) Jestliže při poškození vznikla dutina v izolaci, vyplňte ji.
- d) Proveďte výběr pásky dle teplotních hodnot.
- e) Omotejte potřebné množství pásky na vyplnění dutiny tak, aby vznikl hladký povrch.
 - Páska musí být umístěna minimálně 0,6 cm od hrany poškozené izolace.
 - Minimální obvodové překrytí musí být 50 %.
 - Pásku kolem poškozené izolace omotejte minimálně dvakrát.



Obrázek 28 Dutina vyplněná páskou

- f) Proveďte výběr pásky dle teplotních hodnot a ujistěte se, že páska má stupeň teploty pro použití v dané oblasti.
- g) Omotejte dvě vrstvy pásky na poškozenou oblast, viz obrázek 29.
 - Pokud se použila páska pro vyplnění dutiny, musí být vzdálenost mezi koncem pásky na vyplnění dutiny a koncem vnější pásky minimálně 1,9 cm.
- h) Vnější pásku upevněte upínacími pásky přibližně 0,6 cm od okraje.



Obrázek 29 Druhá vrstva izolace

4.6.2 Oprava nestíněného vodiče

- a) Odstraňte poškozenou délku vodiče tím, že poškozenou část vodiče vystřihneme pomocí štípacích kleští. Pozornost se musí věnovat tomu, aby stříh byl kolmý na podélnou osu vodiče.
- b) Očistěte izolaci pomocí isopropylalkoholu.
 - Vyčistěte oblast izolace na každou stranu 7,5 cm od poškození, viz obrázek 27.
 - Očištěné místo osušte.
- c) Sestavte spojku (splice).

4.7 Bužírky

Vodiče a kabelové svazky je v některých oblastech letadla potřeba ochránit a zajistit bezporuchový provoz. U moderních letadel se používají teplem smrštitelné bužírky různých materiálů. Tyto bužírky se natáhnou na hotový svazek a teplem se zpracují do konečné podoby, nejčastěji se používá horkovzdušných a infra pistolí. Bužírky se liší ve smršťovacím poměru a rozsahem teplotní odolnosti. Opletení se používá tam, kde je zapotřebí snížit hmotnost a není potřeba svazek vodičů utěsnit.



Obrázek 30 Druhy bužírek

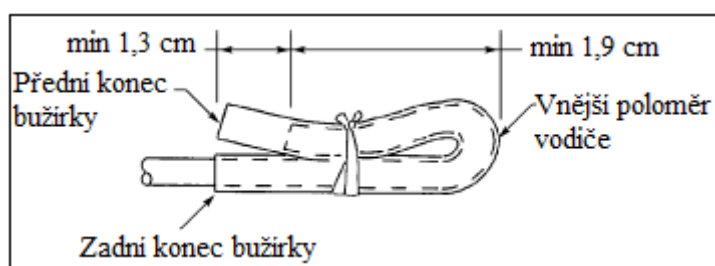
4.8 Nepoužité vodiče

Nepoužité vodiče nebo svazky vodičů s konektorem se musí zaizolovat. Níže budou popsány některé druhy izolace, které se používají a postup při izolaci jednotlivých druhů nepoužitých vodičů.

4.8.1 Izolace vodiče pomocí flexibilní bužírky

1) Pro vodiče AWG 14 a menší bez koncového kontaktu

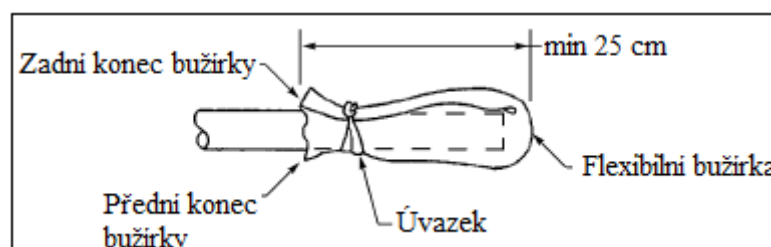
- Uřízněte 6,8 cm flexibilní bužírky
- Umístěte bužírku na vodič a ujistěte se, že konec vodiče je od konce bužírky vzdálen minimálně 1,3 cm.
- Vodič i s bužírkou ohněte tak, aby od konce vodiče k ohybu bylo minimálně 1,9 cm.
- Ohnutý vodič s bužírkou zajistěte úvazkem.



Obrázek 31 Izolace konce vodiče pomocí flexibilní bužírky

2) Pro vodiče o velikosti AWG 12 a větší bez koncového kontaktu

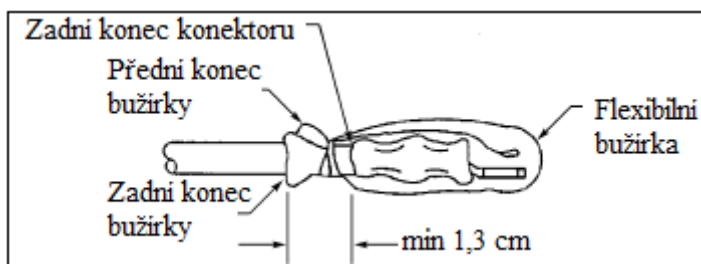
- Délku bužírky ustříhněte tak, aby při nasunutí na vodič a přehnutí samotné bužírky na půl byl vodič kryt minimálně v délce 2,5 cm.
- Nasuňte bužírku na vodič tak, aby zakrývala vodič minimálně v délce 2,5 cm.
- Bužírku ohněte tak, aby oba konce byly zároveň a zajistěte úvazkem.



Obrázek 32 Izolace konce vodiče pomocí flexibilní bužírky

3) Izolace vodiče s koncovým kontaktem

- Délku bužírky ustříhnete tak, aby při nasunutí na vodič a přehnutí samotné bužírky napůl byl konec konektoru od zadního konce bužírky v délce 1,3 cm.
- Nasuňte bužírku na vodič tak, aby byl konec konektoru od konce bužírky v délce 1,3 cm.
- Bužírku ohněte tak, aby oba konce byly zároveň a zajistěte úvazkem.

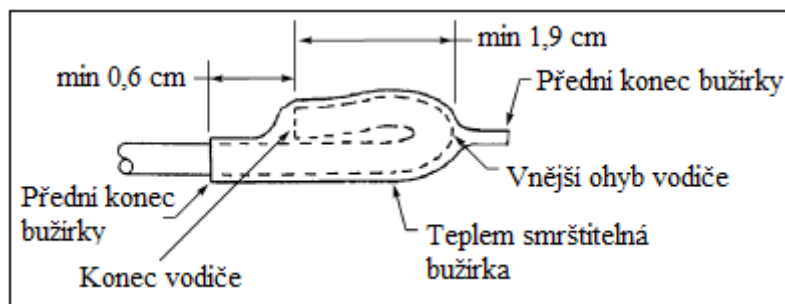


Obrázek 33 Izolace konce vodiče pomocí flexibilní bužírky

4.8.2 Izolace vodiče pomocí teplem smrštitelné bužírky

1) Pro vodiče AWG 14 a menší bez koncového kontaktu

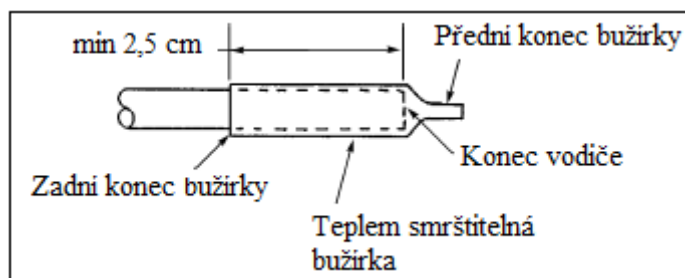
- Ustříhnete potřebnou délku bužírky tak, aby od zadního konce bužírky k vnějšímu ohybu vodiče byla délka 2,5 cm.
- Ohněte vodič minimálně 1,9 cm a nasuňte smrštitelnou bužírku. Od okraje ohnutého vodiče k zadnímu konci bužírky musí být minimálně 0,6 cm.
- Bužírku pomocí horkovzdušné pistole ohřeje tak, aby se smrštila.
- Dokud je bužírka teplá, zmáčkněte přední konec kleštěmi.



Obrázek 34 Izolace konce vodiče pomocí teplem smrštitelnou bužírkou

2) Pro vodiče o velikosti AWG 12 a větší bez koncového kontaktu

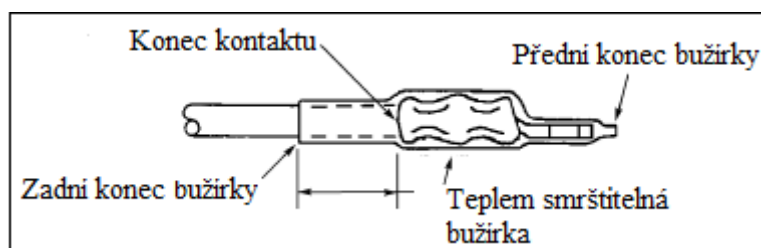
- Ustříhněte bužírku tak, aby kryla vodič v délce minimálně 2,5 cm a zbyl dostatek místa pro zatavení konce.
- Nasaďte bužírku na vodič tak, aby bužírka zakryla délku 2,5 cm
- Bužírku pomocí horkovzdušné pistole ohřeje tak, aby se smrštila.
- Dokud je bužírka teplá, zmáčkněte přední konec kleštěmi.



Obrázek 35 Izolace konce vodiče pomocí teplem smrštitelnou bužírkou

3) Izolace vodiče s koncovým kontaktem

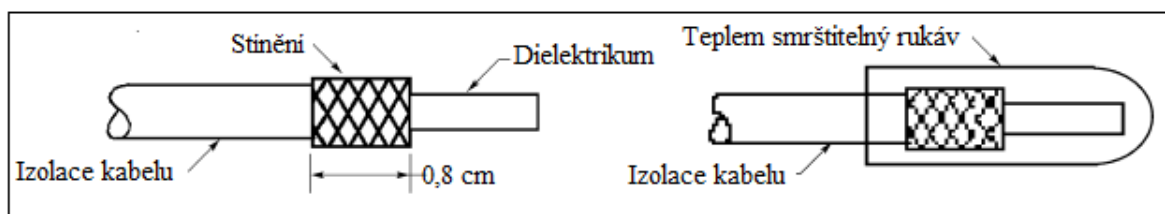
- Ustříhněte bužírku tak, aby od zadního konce bužírky ke konci kontaktu překrývala v délce minimálně 0,6 cm a zbyl dostatek místa na zatavení.
- Bužírku nasuňte na vodič tak, aby zadní konec bužírky přesahoval konec kontaktu o 0,6 cm.
- Bužírku pomocí horkovzdušné pistole ohřeje tak, aby se smrštila.
- Dokud je bužírka teplá, zmáčkněte přední konec kleštěmi.



Obrázek 36 Izolace konce vodiče pomocí teplem smrštitelnou bužírkou

4) Izolace koaxiálního kabelu pomocí teplem smrštitelného rukávu

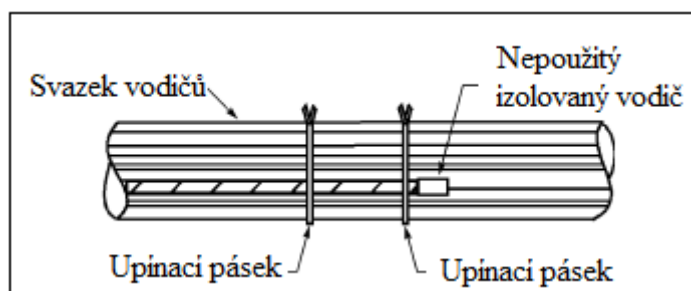
- Proved'te výběr vhodného rukávu a ujistěte se, že je to nejmenší velikost, kterou lze volně nasunout na kabel.
- Odizolujte kabel podle obrázku 37.
- Nasuňte rukáv a horkovzdušnou pistolí rukáv ohřejte tak, aby se smrští.



Obrázek 37 Izolace konce koaxiálního kabelu pomocí teplem smrštitelného rukávu

4.8.3 Uložení nepoužitého vodiče paralelně se svazkem vodičů

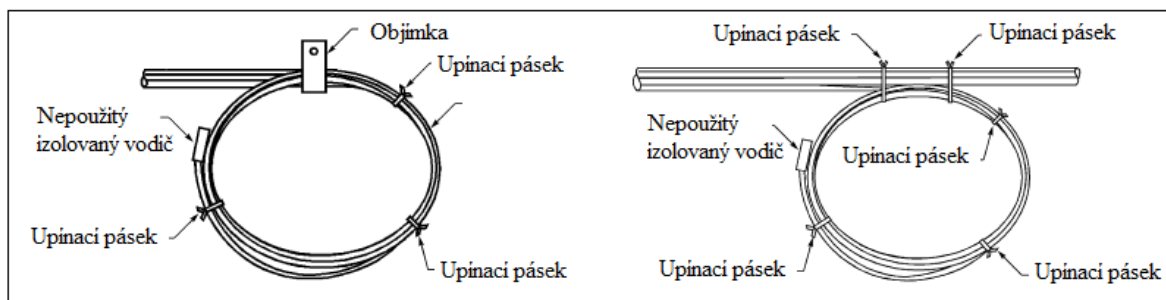
- Zaizolovaný vodič vložte rovnoběžně k ostatním vodičům ve svazku.
- Vodič zajistěte pomocí upínacích pásek, viz obrázek 38.



Obrázek 38 Uložení nepoužitého vodiče paralelně se svazkem vodičů

4.8.4 Uložení nepoužitých vodičů do cívky

- a) Vodič smotejte do cívky a dejte pozor na poloměr ohybu. Poloměr ohybu musí být minimálně šestkrát větší, než je průměr největšího vodiče ve svazku.
- b) Připevněte cívku ke svazku vodičů, viz obrázek 39.
- c) Vodiče zajistěte pomocí upínacích pásek a ujistěte se že:
 - kapalina může stékat po izolaci a nesteče do koncovky
 - konec vodiče je zajištěn proti pohybu



Obrázek 39 Uložení nepoužitých vodičů do cívky

4.9 Propojování vodivých součástí

Všechny vodivé součásti na letadle jsou navzájem mechanicky propojeny z důvodu vytvoření stejného potenciálu na celé konstrukci draku letadla. Účelem propojení je udržení všech vodivých částí draku letadla na stejné hodnotě potenciálu, protože na místech, kde je velký rozdíl potenciálu, může dojít k výboji. Výjimku tvoří anténní prvky, jejichž funkce vyžaduje, aby byly elektricky izolovány od letadla. Na obrázku 40 jsou znázorněny propojovací vodiče. Propojovací vodiče jsou vyrobeny ze spletených vláken pocínované měděné slitiny. Propojovací vodiče jsou na každém konci zakončeny očkem.



Obrázek 40 Propojovací vodiče

5 Modul F- Elektrické spoje

Výuka modulu F je zaměřena na elektrické spoje a jejich bezpečnou a efektivní údržbu. Poté co bude dokončena výuka modulu F, by měl technik prokázat následující dovednosti:

- a) znát obecné typy elektrických spojovacích zařízení
- b) znát bezpečnostní postupy, upozornění a varování před inspekci
- c) znát postup vizuální kontroly konektoru
- d) poznat typické vnější a vnitřní poškození konektoru

Velikost a složitost systému EWIS má za následek zvýšení využití elektrických konektorů, které realizují elektrické spoje. Správná volba a použití konektorů je významnou součástí pro elektrické soustavy letadla. Počet konektorů instalovaných v systému by měl být omezen na minimum a konektory instalované v letadle musí poskytovat vysokou bezpečnost a spolehlivost. Během instalace konkrétního konektoru je třeba dodržovat instrukce výrobce konektoru.

5.1 Použití konektorů

Celá elektrická síť je rozdělena do úseků, které jsou navzájem propojeny. Důvodem, pro rozdělení sítě na úseky, jsou místa spojování letadlových celků, například spojení křídla s centroplánem, přechody přes přetlakové přepážky, protipožární přepážky atd. Spojování svazků vodičů je realizováno pomocí zástrčkozásuvkových spojů. Ty jsou vyráběny v různých tvarech, s různými počty kolíků a zdírek, pro různé průřezy vodičů a pro různé použití v okolních podmínkách.

Krimpovací konektory ty jsou běžně používány a aplikují se do kruhových, obdélníkových těles nebo modulových bloků. K dispozici je velké množství typů konektorů. Konektory odolné proti vlivům prostředí se využívají tam, kde se předpokládá působení různých druhů kapalin, vibrací, tepelných nebo mechanických rázů.

Konektory by měly být zvoleny tak, aby poskytovaly co největší stupeň bezpečnosti a spolehlivosti s ohledem na elektrické vlastnosti a okolní požadavky. Musí se brát ohled na velikost, hmotnost, použité nářadí, podporu údržby a v neposlední řadě kompatibilitu s normami.

Třídy konektorů odolných proti vlivům okolního prostředí dělíme podle toho, jaké okolní vlivy na konektory budou působit:

- konektory vystaveny působení různých druhů kapalin jako jsou hydraulické kapaliny, odmrazovací kapaliny, dále vibracím, teplotním nebo mechanickým rázům
- další třídou jsou konektory FIREWALL umístěné na protipožárních přepážkách a odolné proti požáru a proniknutí ohně přes konektor, dále u nich musí být zaručen bezproblémový provoz na určitou dobu tehdy, když jsou vystaveny působení požáru
- hermetické konektory jsou schopny oddělit prostředí s různým tlakem

5.2 Typy elektrických spojovacích zařízení

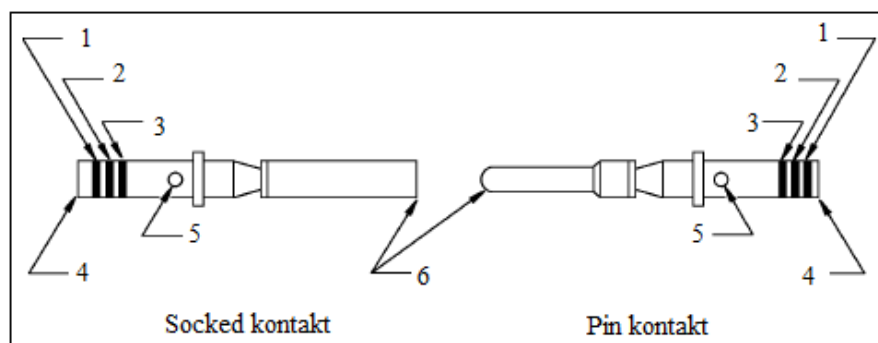
5.2.1 Krimpovací kontakty

Pro snadnou montáž a údržbu konektorů se používají krimpovací konektory. Krimpovací konektory se obecně používají ve všech aplikacích kromě těch, které vyžadují hermetické utěsnění. Krimpování slouží ke spojování elektrických vodičů, přičemž se vodič vloží do svorky, která je pak deformována při vysokém tlaku. Plocha průřezu vodiče se zmenší a odstraní se tak většina prázdného místa v kontaktu, ve kterém se lisovaný vodič nachází. Těmito kontakty je zaručena mechanická pevnost a elektrické spojení.

Krimpování lze provést kdekoliv, dokonce i na poli bez speciální přípravy, neboť práce v terénu je stejná jako v dílně s použitím stejných pracovních nástrojů, stejné techniky. Krimpovací nástroj je univerzální, lze ho užít jak pro kolíky tak pro dutinky.

Níže budou popsány některé druhy krimpovacích konektorů. Protože Existuje celá řada výrobců krimpovacích konektorů proto byl zvolen jeden výrobce a na konkrétním typu byly popsány jeho technická data. Technická data konektorů by měly být společné pro všechny. Odlišovat se budou v hodnotách a každý výrobce by je měl uvádět v popisu produktu.



1) Krimpovací konektory typu dutinka (socket) kolík, (pin) jsou znázorněny na obrázku 41. Tyto konektory se používají jako součást veškerých krimpovacích konektorů. Konektory typu dutinka kolík můžeme rozdělit na několik částí.



- | | |
|----------------------|----------------------|
| 1. Color Code Band 1 | 4. Krimpovací plocha |
| 2. Color Code Band 2 | 5. Kontrolní otvor |
| 3. Color Code Band 3 | 6. Kontaktní část |

Obrázek 41 Krimpovací kontakty

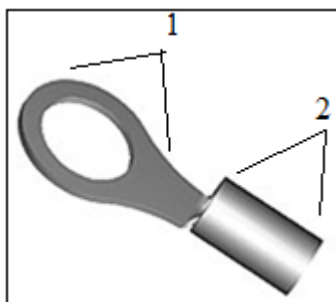
Technická data krimpovacích konektorů jsou uvedena v tabulce 10 Tabulka 10. V tomto případě byl zvolen kontakt od firmy ITT CANNON typ konektoru T2P.

	T2P	
	Standardní konektory	Vysoce vodivé konektory
		
Průřez vodiče (AWG)	AWG 14 až 26	AWG 14 až 26
Proudový rozsah	13 A	16 A
Přechodový odpor (počáteční)	5 mΩ	5 mΩ
Mechanická odolnost	až 200 spojení	až 200 spojení
Materiál konektoru	mosaz	slitina mědí
Povrchová úprava konektoru	cínování, postříbření, pozlacení	cínování, postříbření, pozlacení
Materiál na zalisování vodiče	nerezová ocel	nerezová ocel
přítlačná síla konektoru (minimálně)	67 N	67 N

Tabulka 10 Technická data krimpovacích konektorů

2) Krimpovací konektory typu očka jsou znázorněny na obrázku 42. Tento typ konektorů se používá jako zakončení vodičů, které jsou upevňovány na šroubovou svorku. Očko můžeme rozdělit na dvě části:

- 1) tato část slouží k uchycení na šroubovou svorku
- 2) tato část konektorů slouží pro vkládání vodiče do svorky a následnou deformaci svorky při vysokém tlaku



Obrázek 42 Krimpovací konektor očko

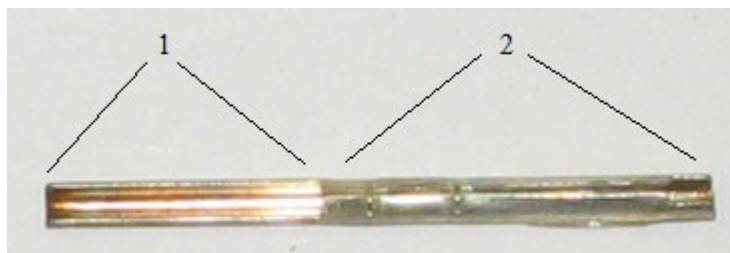
Technická data konektorů očka jsou v tabulce 11. V tomto případě byl zvolen konektor od firmy Raychem typ RB- 107.

DR-2-40	
Průřez vodiče (AWG/mm ²)	22- 18/ 0,5- 1,5
Izolační odpor	1000 MΩ
Materiál konektoru	měď
Povrchová úprava konektoru	pocínování
Průrazová pevnost	2500 V
Tahová pevnost lisovaného spoje	červená izolace 110 N, modrá izolace 220 N, žlutá izolace 270 N
Izolační trubice	teplem smrštitelný nylon s vnitřní vrstvou tavitelného lepidla
A min [mm]	4
B min [mm]	4
C min [mm]	8
L min [mm]	32

Tabulka 11 Technická krimpovacího konektoru typu očko

5.2.2 Letovací kontakty

Letovací kontakty typu dutinka (socket) kolík (pin) jsou znázorněny na obrázku 43. Kontakt můžeme rozdělit na část letovací a kontaktní.



1. letovací část 2. kontaktní část

Obrázek 43 Letovací kontakt

5.2.3 Kruhové konektory

Používá se široká škála kruhových konektorů, které jsou odolné vůči vnějším podmínkám, ve kterých budou provozovány. Kruhové konektory jsou nejčastěji vystaveny působení různých tekutin jako je hydraulická kapalina, palivo, chemické látky z toalet, odmrazovací kapalina. Dále jsou tyto konektory vystaveny vibracím, tepelným výkyvům, mechanickým otřesům.

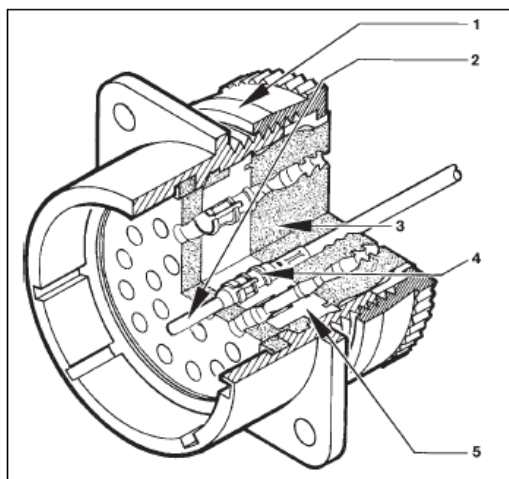
A) Kruhové konektory nízkofrekvenční

U kruhových konektorů by měla být věnována pozornost návrhu uspořádání pinů, aby se zabránilo situacím, kdy se například střídavé napětí 115V a 400 Hz nachází v těsné blízkosti vodičů s napětím 28 V a 5 V.

Kruhové konektory jsou obecně nejvyužívanějšími konektory na letecké technice. Spojení je opakovatelně rozebíratelné bez použití nástrojů. Kruhové konektory se na propojování téměř všech systémů.

Kruhové konektory se mezi sebou liší různými parametry:

- proudovým zatížením kontaktů
- hustotou kontaktů v konektoru
- do jakých podmínek je konektor určen
- z jakých materiálů je konektor vyroben
- teplotním rozsahem
- počtem spojovacích cyklů



- | | |
|----------------------|---|
| 1. Tělo konektoru | 4. Upevňovací příchytka pro krimpovací konektor |
| 2. Zasouvací kontakt | 5. Vložka pro upevňovací příchytky |
| 3. Celistvá izolace | |

Obrázek 44 Konstrukce kruhového konektoru

MIL- C- 5015 je jedna z norem, která se vztahuje na kruhové konektory. Tyto konektory se používají v různých odvětvích jako je vojenský průmysl, civilní letectví a průmyslové aplikace. Podle této normy se konektory dělí do čtyř tříd podle použití:

a) konektory MS-A a MS- C

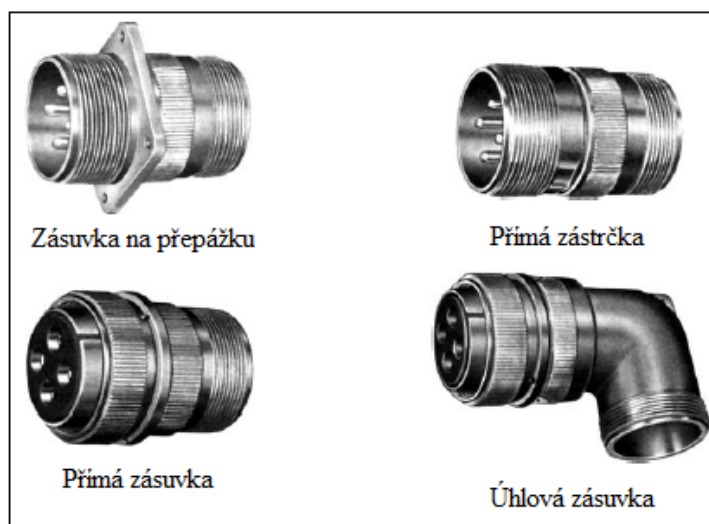
Konektory třídy MS- A slouží pro běžné používání, nejsou odolné vůči vnějším vlivům. Tyto konektory se aplikují na komunikační zařízení, počítače, v podstatě tam, kde nejsou předmětem okolní podmínky.

Konektory MS- C jsou přetlakové pro použití na přetlakových přepážkách nebo tlakových bariérách. Únik vzduchu je omezen na $16,4 \text{ cm}^3$ za hodinu při přetlaku 210 kPa.

Materiál těla je vyroben z vysoce kvalitní hliníkové slitiny.

Kontakty pro tyto konektory jsou pájecí nebo krimpovací. Kolíky a dutinky jsou vyrobeny ze slitiny mědi s postříbeným povrchem.

Vložky jsou neoprenové, dielektricky stabilní, odolné proti oblouku a vibracím.



Obrázek 45 Konstrukční typy konektorů MS- A, MS- C

b) konektory MS- E

Jsou odolné vůči vnějším podmínkám, kdy budou konektory vystaveny vlhkosti, kapalinám, vibracím, změně tlaku a teploty.

Materiál těla je vyroben z vysoce kvalitní hliníkové slitiny.

Kontakty pro tyto konektory jsou pájecí nebo krimpovací. Kolíky a dutinky jsou vyrobeny ze slitiny mědi s postříbřeným povrchem.

Neoprenové vložky poskytují vysokou dielektrickou pevnost a odolnost vůči vnějším vlivům. Zásuvka nebo zástrčka může být vystavena rozdílným tlakům.



Obrázek 46 Konstrukční typy konektorů MS- E

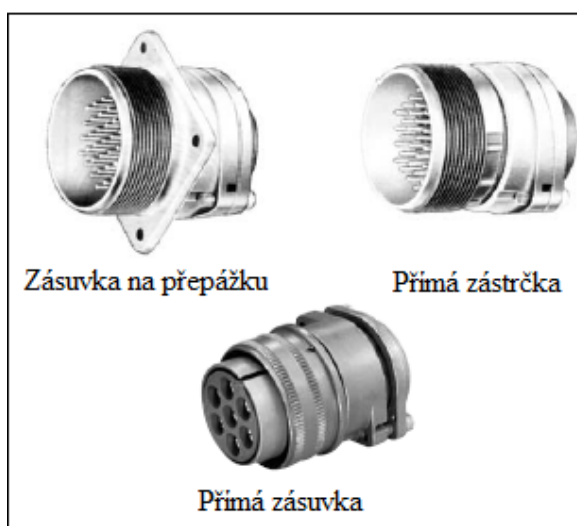
c) konektory MS- R

Odlehčené konektory odolné vůči vnějším podmínkám, tyto konektory jsou zkrácené a lehčí než konektory MS- E. Dá se říci, že tyto konektory jsou modifikované konektory MS- E.

Materiál těla je vyroben z vysoce kvalitní hliníkové slitiny.

Kontakty pro tyto konektory jsou pájecí nebo krimpovací. Kolíky a dutinky jsou vyrobeny ze slitiny mědi s postříbřeným povrchem.

Vložky jsou neoprenové, poskytují vysokou dielektrickou pevnost a odolnost proti vnějším vlivům. Zásuvka nebo zástrčka může být vystavena rozdílným tlakům.



Obrázek 47 Konstrukční typy konektorů MS- R

Elektrické parametry konektorů MS

Tyto konektory se dodávají v pěti velikostech, jak v krimpovací, tak i v letovací verzi. Na obrázku 48 jsou znázorněny velikosti kontaktů.

Schématická značka					
Velikost kontaktu	16	12	8	4	0

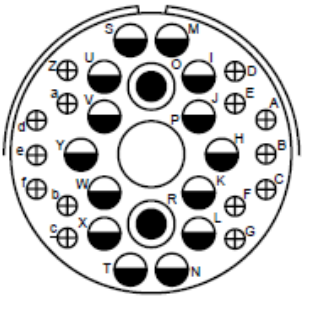
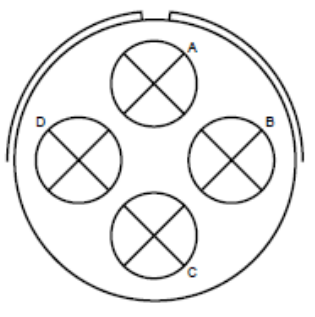
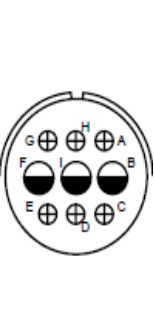
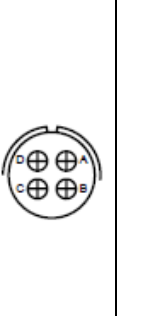
Obrázek 48 Velikosti kontaktů

Tabulka 12 představuje bezpečné provozní hodnoty napětí u hladiny moře.

Nadmořská výška [km]	Třída [V]				
	A	D	E	B	C
0	1000	2000	3500	4500	7000
15	400	600	750	825	975
21	260	360	440	480	560
33	200	200	200	200	200

Tabulka 12 Napěťový rozsah v závislosti na výšce

Tabulka 13 znázorňuje značení pozic pinů, některé varianty uspořádání pinů a velikosti konektorů.

				
Označení kontaktu	36 - 9			
Třída kontaktu	A			
Počet kontaktů	1 2 14 14			
Velikost kontaktů	4 8 12 16			

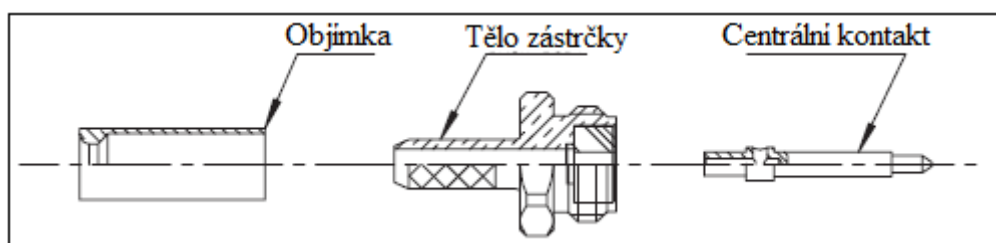
Tabulka 13 Možnosti uspořádání pinů

B) Kruhové konektory vysokofrekvenční

Kruhové konektory vysokofrekvenční se používají pro koaxiální kabely. Níže budou popsány některé typy, které se používají na letecké technice.

Mezi technické parametry koaxiálních konektorů patří:

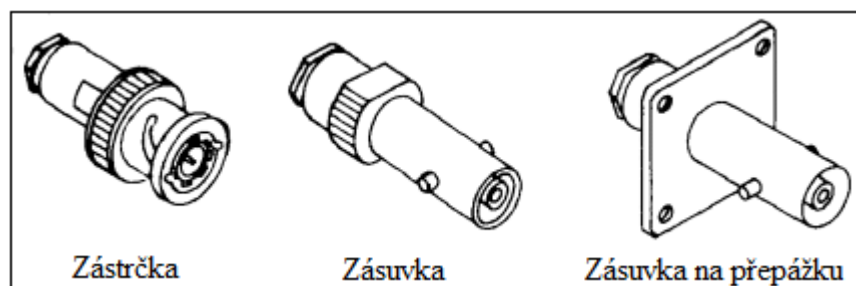
- typ konektoru
- typ svorky (zásuvka, zástrčka)
- způsob montáže (krimpovací, šroubovací s vnitřním pájecím kontaktem)
- provedení (přímý krimpovací, přímý šroubovací, úhlový šroubovací, panelový krimpovací, panelový šroubovací)
- impedance konektoru ($50\ \Omega$, $75\ \Omega$)
- minimální počet spojovacích cyklů (500 spojení)
- provozní teplota ($-65\ ^\circ\text{C}$ - $165\ ^\circ\text{C}$)



Obrázek 49 Konstrukční provedení krimpovacího konektoru

a) konektory BNC

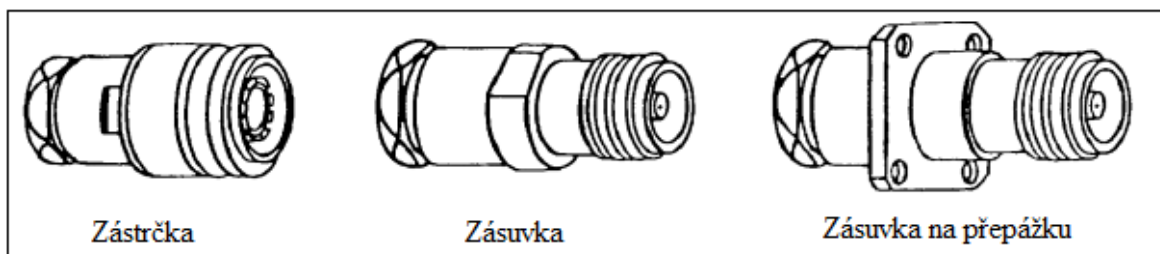
Konektory BNC využívají bajonetový systém spojování, dodávají se v impedancích $75\ \Omega$ a $50\ \Omega$ a uplatňují se v aplikacích do 4 GHz. Tělo konektoru se vyrábí z nerezové oceli. Kabelové vstupy jsou krimpovací nebo šroubovací s pájeným vnitřním kontaktem.



Obrázek 50 Typy BNC konektorů

b) konektory TNC

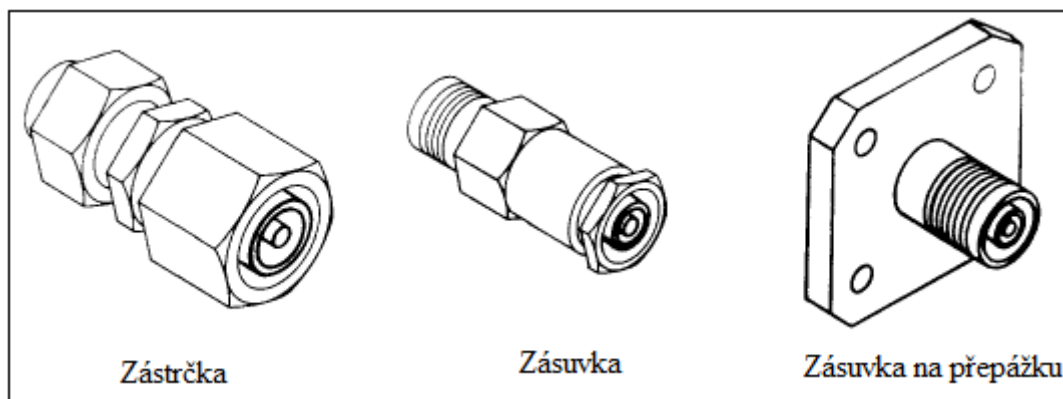
Konektory TNC využívají šroubové spojení. Dodávají se v impedancích $75\ \Omega$ a $50\ \Omega$ a uplatňují se v aplikacích do 11 GHz. Tělo konektoru se vyrábí z nerezové oceli. Tyto konektory jsou odolné proti vlhkosti, vibracím a vysoké teplotě. Kabelové vstupy jsou krimpovací, nebo s vnitřním pájecím kontaktem.



Obrázek 51 Typy TNC konektorů

c) konektory SMA

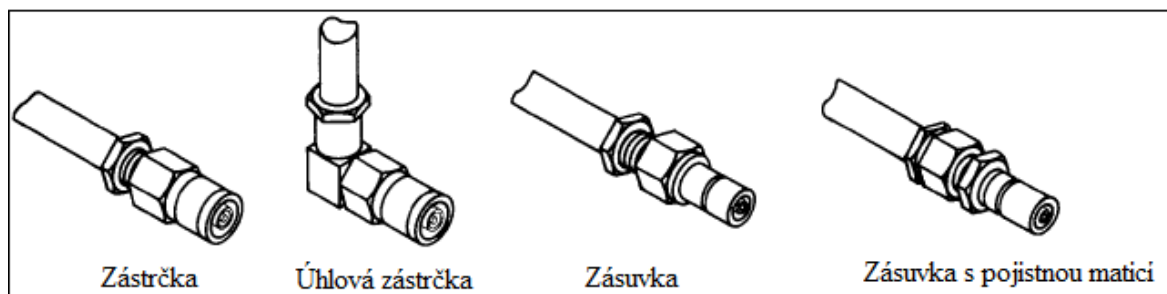
Konektory SMA využívají šroubové spojení. Dodávají se v impedancích $50\ \Omega$ a uplatňují se v aplikacích do 18 GHz. Tělo konektoru je vyrobené z nerezové oceli, nebo pozlacené. Tyto konektory se vyrábějí i hermeticky těsné.



Obrázek 52 Typy SMA konektorů

d) konektory SMB

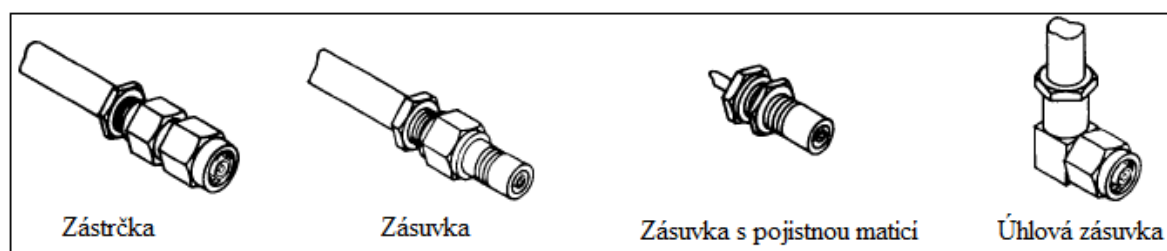
Konektory SMB využívají rychlý a spolehlivý způsob spojování, zaklapování. Dodávají se v impedanci $50\ \Omega$ a uplatňují se v aplikacích do 4 GHz. Od ostatních koaxiálních konektorů se liší tím, že konstrukce zástrčky využívá dutinku a zásuvka využívá kolík.



Obrázek 53 Typy SMB konektorů

e) konektory SMC

Konektory SMC využívají šroubové spojení. Dodávají se v impedanci $50\ \Omega$ a $75\ \Omega$. Uplatňují se v aplikacích do 5GHz. Od ostatních koaxiálních konektorů se liší tím, že konstrukce zástrčky využívá dutinku a zásuvka využívá kolík.

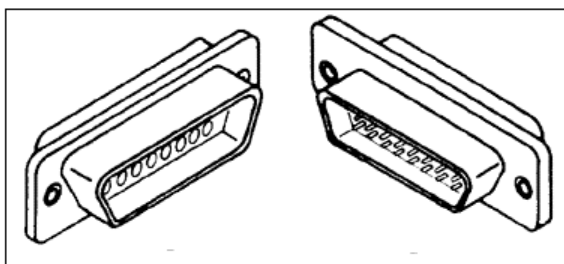


Obrázek 54 Typy SMC konektorů

5.2.4 Obdélníkové konektory

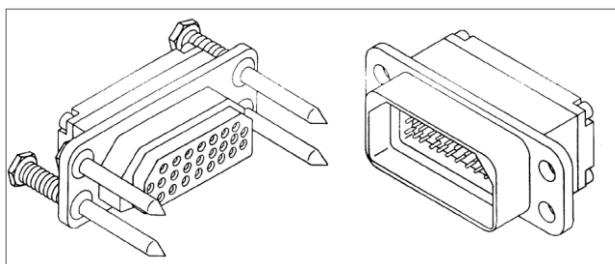
Obdélníkové konektory se používají v aplikacích, kde je velký počet vývodů v jednom zařízení. Obdélníkové kontakty se používají pro standardní vodiče, koaxiální kabely a silové vodiče. Obdélníkové konektory využívají krimpovací nebo letovací piny stejně jako kruhové konektory.

Menší typy obdélníkových konektorů jsou zajištěny šrouby, které je drží po hromadě.



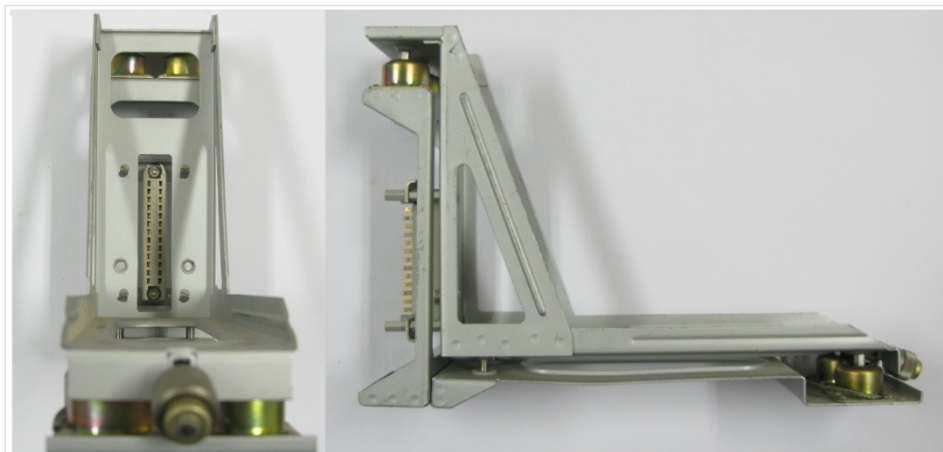
Obrázek 55 Obdélníkové konektory zajišťující se pomocí šroubů

Větší typy obdélníkových konektorů mají integrované kolíky, které zajišťují správné navedení konektorů proti sobě.



Obrázek 56 Obdélníkové konektory s naváděcími kolíky

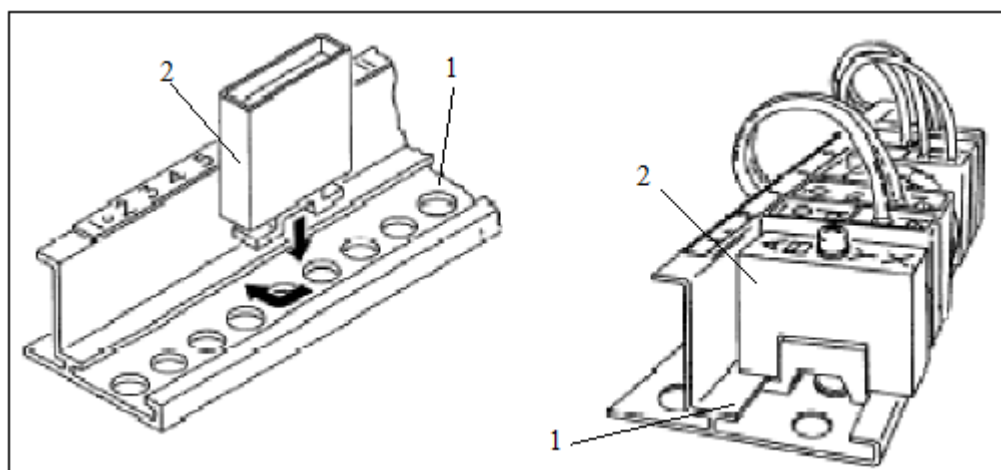
Montážní lišty pro elektronické bloky využívají obdélníkových konektorů, mohou být krimpovací nebo pájecí.



Obrázek 57 Montážní lišty pro elektronické bloky

5.2.5 Modulové bloky

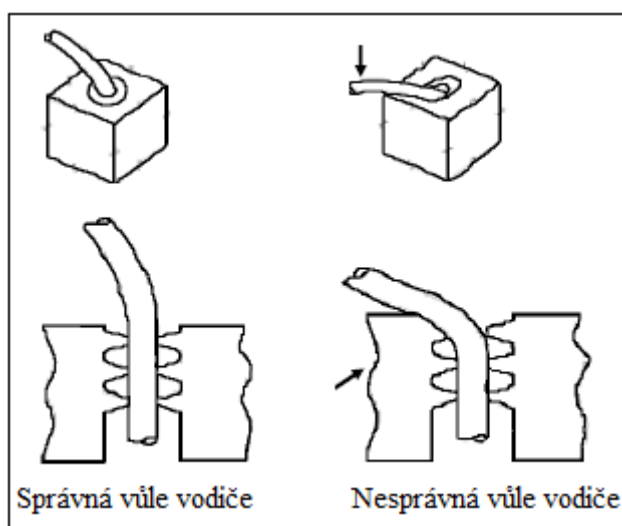
Modulové bloky využívají krimpovací kontakty podobné těm, které se využívají na kruhové konektory. Používají se tam, kde se propojuje více vodičů pro napájení, distribuci signálu nebo jako zemnicí bloky. Jednotlivé bloky se umísťují do montážních lišt, kde každý blok musí být identifikován.



1. Montážní lišta 2. Modulový blok

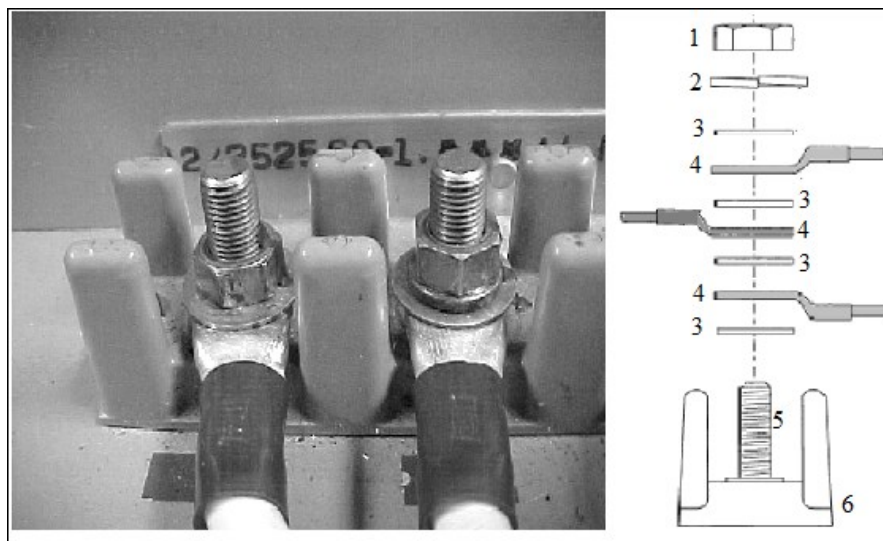
Obrázek 58 Modulový blok

U vodičů, které jsou vedeny do modulových bloků, je třeba dbát na dostatek vůle, aby se zabránilo nadměrným silám, které působí na kontakt vodiče v modulovém bloku. Nedostatek vůle může způsobit poškození vodiče nebo vytáhnutí vodiče z modulového bloku.



Obrázek 59 Příklad vůle vodiče v modulovém bloku

Modulové bloky (sběrnice) se používají tam, kde se propojuje více vodičů pro distribuci elektrického signálu nebo elektrického napájení. Využívají se krimpovací kontakty typu očka, viz obrázek 60.



- | | |
|-------------------|--------------|
| 1 Matice | 4 Konektor |
| 2 Pérová podložka | 5 Šroub |
| 3 Podložka | 6 Tělo bloku |

Obrázek 60 Modulový blok

5.3 Vizualní kontroly a čištění konektorů

Základem dlouhé životnosti, spolehlivosti a správných parametrů konektorů je pečlivá pravidelná prohlídka a čištění.

5.3.1 Vizualní kontrola konektorů

Konektory nové a konektory, které jsou již použity na kabelu, se musí před montáží prohlédnout. Kontrolují se dosedací plochy, zda v nich nejsou důlky, promáčknutí, škrábance, otřepy, koroze nebo jiná mechanická poškození. Promáčkliny na dosedacích plochách jsou často doprovázeny otřepy a dohromady zhoršují vlastnosti spoje. Otřepy na dosedací ploše způsobují promáčkliny na protějším konektoru a tak ho poškozují. Dále při vizualní prohlídce kontrolujeme vyosení kontaktů, přítomnost nečistot v dielektriku, stav spojovacího zařízení a celé tělo konektoru na poškození.

5.3.2 Čištění konektoru

Při čištění kontaktů se odstraňují nečistoty, které se nahromadily během provozu. Pro čištění se používá čistý izopropylalkohol. Jiné čističe, zejména organická rozpouštědla jako aceton, mohou poškodit nebo zničit dielektrika v konektorech. Níže je popsáno ve třech krocích, jak by se mělo postupovat při čištění konektoru a při čištění konektoru zařízení citlivých na statickou elektřinu.

A) Čištění konektorů

- a) Stlačeným vzduchem odstraníte všechny volné částice z těla konektoru, dosedacích ploch uvnitř konektoru, na závitech a na dielektiku. Částice, které zůstaly na konektoru i po použití stlačeného vzduchu, musíte opatrně mechanicky odstranit.
- b) Pomocí bavlněné látky, která je napuštěna izopropylalkoholem, vyčistíte konektor. Během čištění použijte co nejmenší tlak, aby nedošlo k poškození konektoru. Izopropylalkohol nestříkejte přímo na povrch konektoru ani na dielektrikum. Nepoužívejte znečištěný izopropylalkohol.
- c) Znovu odstraňte volné částice stlačeným vzduchem. Tím i současně vysušíte povrch konektoru. Konektor je připraven k použití.

B) Čištění konektoru zařízení citlivých na statickou elektřinu

Čištění konektorů zařízení citlivých na statickou elektřinu vyžadují speciální péči. Jedná se především o bloky avioniky. Vždy se při čištění musí požívat uzemňovací náramek a pomůcky, které jsou antistatické. Postup čištění je jinak stejný jako v předchozím případě.

5.4 Typické poškození konektorů

Mezi typická poškození konektoru můžeme zařadit například:

- ohnutí kontaktu nesprávnou manipulací
- provozní opotřebování častou montáží a demontáží
- korozi kontaktů v místech, kde se vyskytuje vlhkost, to jsou například prostory mimo přetlakovou část trupu, WC, kuchyň nebo tam kde se vyskytují jiné kontaminační zdroje.

5.4.1 Typická poškození při montáži krimpovacích kontaktů

- poškozený vodič
- vlákno vodiče není správně zasunuto do krimpovací části.
- vlákno vodiče je mimo krimpovací část.
- vodič není dostatečně zasunut do krimpovací části, v kontrolním otvoru není vidět vodič.

5.4.2 Postupy oprav

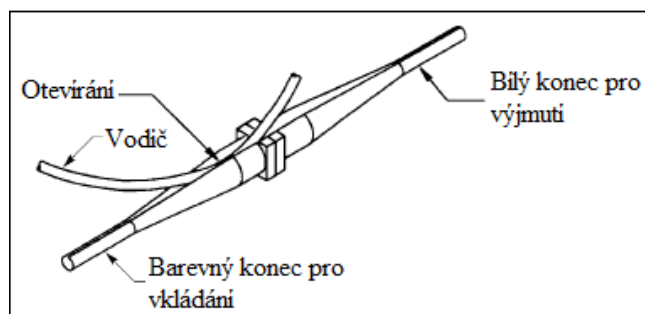
Během provozu letecké techniky dochází k jejímu opotřebování a někdy je zapotřebí provést opravu. Každá oprava má daný postup. V následující části bude popsán postup výměny kontaktu.

5.4.3 Postup výměny kontaktu

Výměna kontaktu na vodiči v kabelovém svazku je možná pouze dvakrát, neboť pak už vodič nemá dostatečnou délku.

a) Vyjmutí kontaktu z konektoru zástrčky

- nejprve se provede výběr vhodné velikosti nástroje na odstranění kontaktu ze zástrčky, viz obrázek 61



Obrázek 61 Nástroj pro vkládání a vyjmutí kontaktu

- přiložte nástroj pro vyjmutí kontaktu k příslušnému vodiči a vodič nasadte do nástroje
- opatrně zatlačte nástroj do kontaktní dutiny, dokud se nezastaví
- držte nástroj a vodič
- zatáhněte vodič a nástroj ven z kontaktní dutiny

b) Výměna kontaktu

- ustříhnete kontakt za krimpovací nebo letovací částí
- odizolujete potřebné množství izolace
- vložte nový kontakt a zajistěte (krimpování, letování)

c) Vložení kontaktu do konektoru

- provede se výběr vhodné velikosti nástroje na vložení kontaktu do konektoru
- přiložte nástroj pro vkládání, nadsaďte vodič s kontaktem do nástroje
- opatrně zatlačte nástroj do příslušné kontaktní dutiny, dokud se nezastaví
- vytáhněte nástroj

6 Výukový program

Hlavním cílem výukových programů obecně je někoho něčemu naučit. K tomu, aby byl výukový program kvalitně zpracován, je třeba mít zpracovaný scénář, podle kterého se bude výukový program tvořit. Tento výukový program, který je zaměřen na modul EWIS, bude rozdělen do dvou částí, písemné části a multimediálního výukového programu.

6.1 Textová část

Textová část výukového programu je tvořena čtyřmi kapitolami, které tvoří obsahový základ pro tvorbu multimediálního programu. Obsah modulových kapitol byl tvořen podle osnovy, jež je vypracována v dokumentu nařízení EASA- AMC 20/ 22. Kapitoly, které byly vypracovány v písemné části, se nazývají:

- Úvod do systému EWIS
- Modul B- Dokumentace
- Modul E- Vodiče
- Modul F- Elektrické spojovací zařízení

6.2 Multimediální výukový program

Multimediální výukový program, viz příloha č. 1 obsahově koresponduje s písemnou částí. Aby byl tento výukový program dostatečně názorný a poučný, je doplněný o fotografie a animace, které se týkají tématu. Orientaci ve výukovém programu je důležité udělat co nejjednodušším způsobem. Zde je využíváno hypertextových odkazů. Struktura multimediálního programu byla tvořena tak, že každá kapitola obsahuje:

- cíl výuky, ve kterém se student dozví, co je obsahem dané části a jakých znalostí dosáhne po prostudování modulu
- výukový text bude obsahově stejný jako v písemné části, doplněný o fotografie a videa
- kontrolní otázky, jimiž si student ověří, jaké znalosti získal při studiu příslušné části, součástí kontrolních otázek budou i správné odpovědi

6.2.1 Výběr prostředků pro tvorbu multimediálního výukového programu

Pro vytvoření multimediálního výukového programu jsem zvolil běžný program pro tvorbu prezentace od společnosti Microsoft. Microsoft PowerPoint je grafický program pro prezentace. Může se v něm vytvořit a zobrazit série snímků, které obsahují text, grafy,

fotografie a videa. Tento program byl zvolen, protože je jednoduchý na ovládání pro osobu, která bude program obsluhovat. Další velikou výhodou je, že program Microsoft PowerPoint je velice rozšířený a není problém s otevřením těchto dokumentů.

7 Závěr

Výsledkem předložené diplomové práce je vytvoření výukového programu modul EWIS. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí.

V první textové části jsou vypracovány moduly, které byly stanoveny v cíli práce. Hlavním zdrojem informací pro vypracování jednotlivých modulů byla především technická dokumentace společnosti The Boeing Company. S praktickým řešením některých problémů spojených s elektroinstalací v letadlech jsem seznámil ve společnosti JOB AIR Technic a.s., kde jsem ve spolupráci s techniky získal přehled o místech nejčastějšího výskytu poruch, jejich typech a způsobu jejich oprav. Ve druhé části diplomové práce byl vypracován multimediální výukový program, který obsahově koresponduje s textovou částí. Výukový program obsahuje kromě textu také řadu pomocných zobrazení a názorných animací, sloužících k lepšímu pochopení řešené problematiky.

Při vytváření výukového programu jsem postupoval od obecného popisu ke konkrétním příkladům. Vzhledem k tomu, že se jedná o výukový program, mou snahou bylo, aby jeho výsledná podoba byla snadno pochopitelná i pro člověka, který se studiem letecké techniky začíná.

Díky vytváření této práce jsem se seznámil s problematikou elektroinstalace na letecké technice, naučil se zacházet a orientovat v dokumentaci letadla a získal zkušenosti s tvorbou výukového programu.

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat rodině za podporu a umožnění celého studia, za což jsem velmi vděčný. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Františkovi Martincovi, CSc. za vedení diplomové práce a podmětné konzultace.

8 Seznam použité literatury

1. The MITRE Corporation. *Mitre*. [Online] [Citace: 4. 3 2014.] Dostupné z: <http://www.mitrecaas.org/atsrc/>.
2. LUFTHANSA TECHNICAL TRAINING. *Lufthansa Technical Training*. [Online] [Citace: 15. 2 2014.] Dostupné z: <http://www.ltt-onlinetraining.de/Data/ewis/demo/htdocs/>.
3. TE Connectivity Ltd. family of companies . *TE Connectivity*. [Online] 2014. [Citace: 12. 3 2014.] Dostupné z: <http://www.te.com/catalog/menu/en/23176?BML=10576,22530>.
4. YouTube. *YouTube*. [Online] 2014. [Citace: 25. 4 2014.] Dostupné z: http://www.youtube.com/watch?v=dsKq_5ZyhWs.
5. Youtube . *Youtube*. [Online] 2014. [Citace: 1. 5 2014.] Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=6Du-cvKsQOE>.
6. **BOEING**. Standard Wiring Practices Manual.
7. **EASA**. *AMC 20- 22 Aeroplane Electrical Wiring Interconnection System Training Programme*. 2007.
8. **Aircraft Industries, a.s.** *Dokumentace L- 410*.
9. **LEPIL O. ŠEDIVÝ, P.** *Fyzika pro gymnázia- Elektrina a magnetismus*. Praha: Prometheus, 2005. str. 342., ISBN 80-7196-202-3.
10. **Federal Aviation. Administration** *Aircraft EWIS Practices Job Aid 2.0*.
11. **Doc. Ing. Luděk Beňo, CSc. a kolektiv.** *Materiály a základní strojní součásti*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. str. 274., ISBN 80-7204-352-8.
12. Tycoelectronics. *Data sheet Spec 55A*. [Online] 2014. [Citace: 19. 2 2014.] Dostupné z: <http://www.te.com/catalog/feat/en/s/24875?BML=10576,22530,23176,23177>.
13. **Federal Aviation. Administration.** *Advisory Circular AC 13. 43. 1998*.
14. **GRAF, V.** *Výukový program EWIS*. VŠB- TU OSTRAVA, Ostrava 2012, str 77. Vedoucí bakalářské práce Szydlowski Karel.
15. **VOLNER, R.** *Digitální technologie- elektronické přístrojové systémy*. VŠB- Technická univerzita Ostrava, 2007. str., ISBN 291. 8024816407.

9 Seznam příloh

Příloha č. 1- Multimediální výukový program